



TESIS - RE142551

ANALISIS KETERSEDIAAN SUMBER DAYA AIR DAN UPAYA KONSERVASI SUB DAS BRANTAS HULU WILAYAH KOTA BATU

MOHAMAD MUCHLISIN MAHZUM
3312202815

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Mas Agus Mardyanto, ME. Ph.D.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK SANITASI LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015



THESES - RE142551

WATER RESOURCES AVAILABILITY ANALYSIS AND UPPER BRANTAS SUB RIVER BASIN CONSERVATION EFFORTS BATU CITY AREA

MOHAMAD MUCHLISIN MAHZUM
3312202815

SUPERVISOR
Ir. Mas Agus Mardyanto, ME. Ph.D.

MASTER PROGRAM
ENVIRONMENTAL SANITATION ENGINEERING
ENVIRONMENTAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015


**Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T.)**

**di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
oleh :**


**Mohamad Muchlisin Mahzum
NRP. 3312 202 815**

**Tanggal Ujian : 09 Januari 2015
Periode Wisuda : Maret 2015**


Disetujui oleh :


Ir. Mas Agus Mardvanto, ME., Ph.D.
NIP: 19620816 199003 1 004


(Pembimbing)


Prof. Dr. Ir. Wahyono Hadi, MSc.
NIP: 19500114 197903 1 001

(Penguji)


Alia Damavanti, ST., MT., Ph.D.
NIP: 19770209 200312 2 001

(Penguji)


Ir. Sugeng Mudijadi, MT.
NIP: 660 200 293

(Penguji)

Direktur Program Pascasarjana,


Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, MT.
NIP : 19640405 199002 1 001

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Alloh SWT yang telah memberikan segala kemudahan dan hidayah-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan penulisan tesis ini tanpa hambatan yang berarti.

Pada kesempatan ini izinkanlah penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya atas bimbingan dan dorongan tiada henti kepada :

1. Bapak Ir. Mas Agus Mardyanto, ME., PhD. sebagai dosen pembimbing yang dengan sabar membimbing dan meluangkan waktu serta membagi pengalamannya sebagai referensi dalam pengerjaan tesis ini .
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Wahyono Hadi, MSc., PhD., Ibu Alia Damayanti, ST., MT., PhD., serta Bapak Ir. Sugeng Mujiadi, MT selaku dosen penguji yang telah membagikan ilmunya dalam menyempurnakan tesis ini.
3. Istri dan anak tercinta yang selalu memberikan motivasi dan inspirasi dalam berkarya tanpa batas.
4. Kedua orang tua yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan moril.
5. Rekan - rekan MTSL 2013 yang telah berkontribusi dan membantu dalam terselesainya tesis ini.
6. Rekan – rekan Balai Besar Wilayah Sungai Brantas Kementerian Pekerjaan Umum yang selalu membantu dalam penyediaan data.

Tulisan ini masih jauh dari sempurna, maka dari itu segala saran yang bersifat konstruktif sangat penulis harapkan demi tercapainya hasil yang terbaik dan bermanfaat bagi kita semua .

Surabaya, Januari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii

BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	4

BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	5
2.1 Siklus Air	5
2.2 Curah Hujan Rerata Daerah (Areal Rainfall)	6
2.3 Suhu	7
2.4 Evapotranspirasi Potensial (ET _o)	9
2.5 Permukaan Lahan Terbuka (Exposed Surface)	12
2.6 Keseimbangan Air Permukaan Tanah	12
2.7 Limpasan (Runoff)	14
2.7.1 Infiltrasi	15
2.7.2 Penyimpanan Air Tanah (Ground Water Storage)	17
2.8 Ketersediaan Air	18
2.9 Kebutuhan Air	19
2.9.1 Kebutuhan Air Non Irigasi	20
2.9.2 Kebutuhan Air Irigasi	23

2.10 Neraca Air	25
2.11 Klasifikasi Tanah	27
2.11.1 Tekstur Tanah	27
2.11.2 Jenis Tanah	28
2.12 Erosi Kemiringan Lereng	34
2.12.1 Erosi	34
2.12.2 Kelas Kemampuan Lahan	34
2.12.3 Interaksi Antara Lereng Dan Vegetasi	35
2.13 Perubahan Tata Guna Lahan (Land Use Change)	36
2.14 Konservasi Sumber Daya Air	38
2.14.1 Metode Vegetatif	38
2.14.2 Metode Mekanik	46
2.15 Aspek Finansial	48
BAB 3 METODA PENELITIAN	49
3.1 Pola Pikir Pelaksanaan Studi	49
3.2 Pengumpulan Data	49
3.3 Langkah Pengerjaan Studi	52
3.3.1 Analisis Hidrologi	52
3.3.2 Tata Guna Lahan (Land Use)	58
3.3.3 Usaha Konservasi	59
BAB 4 GAMBARAN UMUM WILAYAH	61
4.1 Administrasi Dan Letak Geografis	61
4.2 Iklim	62
4.3 Topografi	62
4.3.1 Jenis Tanah	62
4.3.2 Ketinggian dan Kemiringan	62
4.3.3 Kedalaman Tanah	66
4.4 Penduduk	66
4.4.1 Jumlah Penduduk	66
4.4.2 Tenaga Kerja	68

4.5	Fasilitas Umum dan Sosial.....	68
4.5.1	Fasilitas Pendidikan	68
4.5.2	Fasilitas Peribadatan	69
4.5.3	Fasilitas Kesehatan.....	69
4.5.4	Penginapan.....	69
4.6	Peternakan	70
4.7	Pertanian.....	71
4.8	Kondisi Tata Guna Lahan	72
BAB 5	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	76
5.1	Analiasa Hidrologi	76
5.1.1	Metode Poligon Thiessen.....	76
5.1.2	Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah (Areal Rainfall)	76
5.2	Analisis Suhu	89
5.2.1	Perbedaan Suhu Antara Stasiun Penakar Hujan	90
5.2.2	Perbedaan Suhu Stasiun Hujan	91
5.3	Evapotranspirasi Potensial (ETo).....	96
5.3.1	Indeks Panas Tahunan (I).....	97
5.3.2	Evapotranspirasi Potensial Belum Disesuaikan Garis Bujur	101
5.3.3	Koefisien Penyesuaian Bujur Dan Bulan Setiap Stasiun.....	106
5.3.4	Evapotranspirasi Potensial (ETo) Wilayah.....	109
5.4	Penggunaan Lahan Kota Batu	114
5.5	Analisa Debit Metode Mock	116
5.6	Perhitungan Curah Hujan Andalan Dan Curah Hujan Efektif	122
5.7	Kebutuhan Irigasi	129
5.7.1	Penentuan Nilai Perkolasi.....	129
5.7.2	Koefisien Tanaman	129
5.7.3	Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan	130
5.7.4	Kebutuhan Air Untuk Penggunaan Konsumtif	132
5.7.5	Penggantian Lapisan Air.....	133
5.7.6	Efisiensi Irigasi	133
5.7.7	Kebutuhan Air Irigasi	134

5.8	Kebutuhan Non Irigasi	140
5.8.1	Kebutuhan Domestik	147
5.8.2	Kebutuhan Non Domestik.....	148
5.9	Neraca Air	162
5.10	Analisis Konservasi Sumber Daya Air	166
5.10.1	Analisis Metode Vegetatif	166
5.10.2	Analisa Metode Mekanik.....	175
5.11	Analisis Finansial	180
5.11.1	Konservasi Vegetatif.....	180
5.11.2	Konservasi Mekanik	184
BAB 6	KESIMPULAN DAN SARAN	186
6.1	Kesimpulan	186
6.2	Saran.....	187
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Pemilihan Metode Penentuan Curah Hujan	7
Tabel 2.2	Koefisien Penyesuaian Menurut Bujur Dan Bulan	8
Tabel 2.3	Metode Dan Data Pendugaan Evapotranspirasi Potensial (ETo).....	10
Tabel 2.4	lengas Tanah	17
Tabel 2.5	Kriteria Penentuan Kebutuhan Air Domestik	21
Tabel 2.6	Kebutuhan Air Untuk Ternak	22
Tabel 2.7	Kelas Tekstur Tanah	27
Tabel 2.8	Jenis Tanah.....	28
Tabel 2.9	Rentang Kedalaman Akar Tanah	33
Tabel 2.10	Kepekaan Terhadap Erosi	34
Tabel 2.11	Klasifikasi Kemiringan Lereng Berdasarkan USSSM.....	34
Tabel 2.12	Koefisien Limpasan Berdasar Penggunaanya.....	37
Tabel 2.13	Kedalaman Efektif Perakaran Tanaman Dewasa.....	39
Tabel 2.14	Kapasitas Simpanan Air Tersedia	39
Tabel 4.1	Luas Wlayah Menurut Kecamatan.....	61
Tabel 4.2	Jumlah Penduduk Kota Batu.....	67
Tabel 4.3	Jumlah Tenaga Kerja Kota Batu	68
Tabel 4.4	Jumlah Fasilitas Pendidikan.....	68
Tabel 4.5	Jumlah Fasilitas Peribadatan	69
Tabel 4.6	Jumlah Fasilitas Penginapan	70
Tabel 4.7	Populasi Peternakan	70
Tabel 4.8	Luas Lahan Pertanian.....	71
Tabel 4.9	Penggunaan Lahan Sub DAS Brantas Hulu.....	72
Tabel 5.1	Luasan Stasiun Hujan Dengan Poligon Thiessen	76
Tabel 5.2	Data Hujan Stasiun Hujan Ngaglik.....	77
Tabel 5.3	Data Stasiun Hujan Ngujung.....	78
Tabel 5.4	Data Stasiun Hujan Temas.....	79
Tabel 5.5	Data Stasiun Hujan Tinjumoyo.....	80
Tabel 5.6	Curah Hujan Rerata Daerah	82

Tabel 5.7 Jumlah Hari Hujan Stasiun Hujan Ngaglik.....	83
Tabel 5.8 Jumlah Hari Hujan Stasiun Hujan Ngujung.....	84
Tabel 5.9 Jumlah Hari Hujan Stasiun Hujan Temas	85
Tabel 5.10 Jumlah Hari Hujan Stasiun Hujan Tinjumoyo	86
Tabel 5.11 Jumlah Hari Hujan Rerata Wilayah	88
Tabel 5.12 Suhu Tahunan	89
Tabel 5.13 Perbedaan Suhu.....	91
Tabel 5.14 Pendugaan Suhu Stasiun Hujan Ngaglik (Tm)	92
Tabel 5.15 Pendugaan Suhu Stasiun Hujan Ngujung (Tm)	93
Tabel 5.16 Pendugaan Suhu Stasiun Hujan Temas (Tm)	94
Tabel 5.17 Pendugaan Suhu Stasiun Hujan Tinjumoyo (Tm)	95
Tabel 5.18 Nilai Indeks Panas Tahunan (I) dan Nilai a Ngaglik	96
Tabel 5.19 Nilai Indeks Panas Tahunan (I) dan Nilai a Ngujung	99
Tabel 5.20 Nilai Indeks Panas Tahunan (I) dan Nilai a Temas	100
Tabel 5.21 Nilai Indeks Panas Tahunan (I) dan Nilai a Tinjumoyo	101
Tabel 5.22 Evapotranspirasi Potensial Belum disesuaikan (Ngaglik)	102
Tabel 5.23 Evapotranspirasi Potensial Belum disesuaikan (Ngujung)	103
Tabel 5.24 Evapotranspirasi Potensial Belum disesuaikan (Temas)	104
Tabel 5.25 Evapotranspirasi Potensial Belum disesuaikan (Tinjumoyo)	105
Tabel 5.26 Koordinat Stasiun Hujan.....	106
Tabel 5.27 Koefisien Penyesuaian Menurut Bujur dan Bulan.....	106
Tabel 5.28 Perhitungan Koefisien Garis Lintang/ Bujur	108
Tabel 5.29 Evapotranspirasi Potensial Stasiun Hujan Ngaglik.....	109
Tabel 5.30 Evapotranspirasi Potensial Stasiun Hujan Ngujung.....	110
Tabel 5.31 Evapotranspirasi Potensial Stasiun Hujan Temas.....	111
Tabel 5.32 Evapotranspirasi Potensial Stasiun Hujan Tunjumoyo.....	112
Tabel 5.33 Evapotranspirasi Potensial Sub DAS Brantas Hulu.....	113
Tabel 5.34 Tata Guna Lahan Kota Batu 2013.....	115
Tabel 5.35 Ananlisis Debit Efekif.....	117
Tabel 5.36 Debit Efektf per Tahun	119
Tabel 5.37 Analisa Debit Andalan	120
Tabel 5.38 Debit Andalan (80%)	121

Tabel 5.39 Debit Air Rerata	122
Tabel 5.40 Curah Hujan Andalan (10 hari).....	124
Tabel 5.41 Curah Hujan Efektif	128
Tabel 5.42 Koefisien Tanaman	130
Tabel 5.43 Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan	132
Tabel 5.44 Analisis Ketersediaan Dan Kebutuhan Air Irigasi.....	137
Tabel 5.45 Pertumbuhan Penduduk Per Tahun.....	140
Tabel 5.46 Proyeksi Penduduk Kota Batu	146
Tabel 5.47 Kriteria Penentuan Air Minum	147
Tabel 5.48 Kebutuhan Air Minum	148
Tabel 5.49 Kebutuhan Air Kran Umum (KU)	148
Tabel 5.50 Kebutuhan Air Untuk Pendidikan.....	150
Tabel 5.51 Kebutuhan Air Untuk Peribadatan	152
Tabel 5.52 Kebutuhan Air Untuk Penginapan	154
Tabel 5.53 Kebutuhan Air Fasilitas Kesehatan	155
Tabel 5.54 Kebutuhan Air Perkantoran	157
Tabel 5.55 Kebutuhan Air Industri	157
Tabel 5.56 Kebutuhan Air Peternakan	160
Tabel 5.57 Kebutuhan Air Domestik	161
Tabel 5.58 Kebutuhan Air Non Domestik	161
Tabel 5.59 Neraca Air Tahun 2013.....	163
Tabel 5.60 Defisit Air Per Tahun.....	165
Tabel 5.61 Potensi Dan Proyeksi Debit Air	166
Tabel 5.62 Simpanan Lengas Tanah Variasi Vegetasi.....	167
Tabel 5.63 Kebutuhan Lahan Vegetasi	169
Tabel 5.64 Hasil Konservasi Dengan Metode Vegetatif.....	169
Tabel 5.65 Prediksi Perubahan Tata Guna Lahan	170
Tabel 5.66 Kesesuaian Vegetasi Dan Penyebarannya	173
Tabel 5.67 Jumlah Pemanen Air Hujan Dan Sumur Resapan	176
Tabel 5.68 Hasil Konservasi Dengan Metode Mekanik	176
Tabel 5.69 Analisis Biaya Tanam Bambu per ha.....	180
Tabel 5.70 Analisis Keuntungan Jenis Gaharu per ha	182

Tabel 5.71 Analisis Biaya Tanam Beringin Putih per ha.....	184
Tabel 5.72 Biaya Pembuatan Pemanen Air Hujan per unit	185

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Distribusi Air Hujan	6
Gambar 2.2 Komponen Limpasan	15
Gambar 2.3 Konsep Dasar Neraca Air.....	26
Gambar 2.4 Interaksi Lereng Dengan Vegetasi	35
Gambar 2.5 Penetrasi Akar Pada Lapisan Tanah.....	36
Gambar 2.6 Pohon Gaharu.....	41
Gambar 2.7 Beringin Putih	42
Gambar 2.8 Pohon Bambu	44
Gambar 2.9 Tanaman Porang.....	46
Gambar 2.10 Kombinasi Pemanen Air Hujan Dengan Sumur Resapan.....	47
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian	51
Gambar 3.2 Metode Poligon Thiessen.....	53
Gambar 4.1 Peta Kemiringan Lahan.....	65
Gambar 4.2 Grafik Pertumbuhan Penduduk Kota Batu.....	67
Gambar 4.3 Peta Penggunaan Lahan Kota Batu Tahun 2006.....	73
Gambar 4.4 Peta Penggunaan Lahan Kota Batu Tahun 2013	74
Gambar 4.5 Grafik Penggunaan Lahan Kota Batu Tahun 2006	75
Gambar 4.6 Grafik Penggunaan Lahan Kota Batu Tahun 2013	75
Gambar 5.1 Grafik Ketersediaan Air Terhadap Irigasi.....	139
Gambar 5.2 Grafik Neraca Air.....	165
Gambar 5.3 Perubahan Tata Guna Lahan Tahun 2015	171
Gambar 5.4 Perubahan Tata Guna Lahan Tahun 2020	171
Gambar 5.5 Perubahan Tata Guna Lahan Tahun 2025	172
Gambar 5.6 Perubahan Tata Guna Lahan Tahun 2030.....	172
Gambar 5.7 Kontruksi Kombinasi Pemanen Air Hujan Sumur Resapan	177
Gambar 5.8 Detail Bak Penampung Air Hujan.....	178
Gambar 5.9 Detail Sumur Resapan.....	179

ANALISIS KETERSEDIAAN SUMBER DAYA AIR DAN UPAYA KONSERVASI SUB DAS BRANTAS HULU WILAYAH KOTA BATU

Nama Mahasiswa : Mohamad Muchlisin Mahzum
NRP : 3312202815
Pembimbing : Ir. Mas Agus Mardyanto, ME. PhD

ABSTRAK

Kota Batu menjadi bagian terpenting dari daerah aliran sungai (DAS) Brantas di hulu Sungai Brantas. Peranan Kota Batu sangat vital karena merupakan salah satu daerah tangkapan air hujan dan juga sebagai pengendali banjir di DAS Brantas. Kondisi saat ini ditemukan bahwa jumlah sumber mata air di hulu sungai Brantas sebelum 2005 berjumlah 421 sumber mata air, pada 2005 terdapat 221 sumber mata air dan pada 2009 hingga kini menyisahkan 57 sumber mata air. Hal ini disebabkan berkurangnya hutan konservasi sebesar 1.316,43 ha (2013) dari luas sebelumnya sebesar 4.120,37 ha (2006) menjadi permukiman penduduk. Untuk mengatasi dan mengurangi kerusakan pada daerah hulu Sungai Brantas perlu dilakukan upaya konservasi sumber daya air.

Penelitian ini diawali dengan pengambilan data curah hujan, data iklim, peta DAS yang berada di Kota Batu, data penduduk Kota Batu, data tata guna lahan serta data jenis tanah. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap ketersediaan dan kebutuhan air, evapotranspirasi, infiltrasi dan neraca air. Dari hasil analisis diketahui terjadi defisit air pada musim kemarau tahun 2015, 2020, 2025, dan 2030 masing-masing sebesar $551.459,47\text{ m}^3$, $731.067,03\text{ m}^3$, $957.059,41\text{ m}^3$, dan $1.415.28,7\text{ m}^3$. Oleh sebab itu perlu dilakukan upaya konservasi baik metode vegetatif yaitu penyediaan lahan vegetasi dengan memanfaatkan tanaman konservasi yang memiliki nilai ekonomi tinggi maupun menggunakan metode mekanik kombinasi pemanen air hujan (*rain water harvesting*) dengan sumur resapan.

Kata Kunci : Kota Batu, Sungai Brantas, mata air, konservasi.

WATER RESOURCES AVAILABILITY ANALYSIS AND UPPER BRANTAS SUB RIVER BASIN CONSERVATION EFFORTS BATU CITY AREA

By : Mohamad Muchlisin Mahzum
Student Identify Number : 3312202815
Supervisor : Ir. Mas Agus Mardyanto, ME. PhD

ABSTRACT

Batu city is located in the upper Brantas river which is very important of Brantas River Basin. Batu city is vital as one of the rain catchment areas and flood control. Current conditions found that the number of springs in the upper Brantas River before in 2005 amounted 421 springs , in 2005 there were 221 springs and in 2009 up to now amounted 57 springs. It is caused by the reduction of 1.316 ha of forest conservation (2013) of the previous wide of 4.120,37 ha (2006) to settlements. To prevent and reduce the upper Brantas River damage, conservation of water resources is needed.

This research begins with data samplings of retrieval rainfall, climate, map of river basin, population, land use and soil type then the supply and demand water, evapotranspiration, infiltration dan water balance are analyzed based on data samplings that have been taken. The analysis result shows that water deficit happened during dry season in 2015, 2020, 2025 and 2030 are 551.459,47m³, 731.067,03 m³, 957.059,41 m³ and 1.415.28,7 m³. Therefore conservation needs to do with vegetatif method or mechanic method. Vegetative method needs vegetation land by using conservation plants that have high economy value, while mechanic method can be implemented by rain water harvesting and wells combination.

Keywords : Batu City, Brantas River, spring, conservation.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.

Daerah aliran sungai (DAS) merupakan suatu daratan yang terdiri dari sungai, danau dan anak sungai yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung, dimana fungsinya untuk menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari air hujan. Daerah aliran sungai (DAS) dapat dibagi menjadi Sub DAS yang berfungsi menerima air hujan dan mengalirkannya ke anak sungai ke sungai utama (PP No 37 tentang Pengelolaan DAS, Pasal 1). Secara keseluruhan luas DAS Brantas 12.000 km² yang dibagi menjadi tiga bagian yaitu sub das hulu, tengah dan hilir. Dalam penelitian ini lokasi yang dipilih adalah sub DAS Brantas hulu yang letaknya di Kota Batu dengan luas DAS 182,964 km².

Kota Batu merupakan salah satu kota di Propinsi Jawa Timur yang terletak pada ketinggian rata-rata 871 m di atas permukaan laut. Kota Batu dikelilingi beberapa gunung diantaranya Gunung Anjasmoro (2277 m), Gunung Arjuno (3339 m), Gunung Banyak, Gunung Kawi (2651 m), Gunung Panderman (2040 m) dan Gunung Welirang (2156 m). Klimotografi Kota Batu memiliki suhu minimum 18°C – 24°C dan suhu maksimum 28°C- 32°C dengan kelembaban udara sekitar 75% – 98% dan curah hujan rata-rata 875 mm – 3000 mm per tahun. Karena keadaan tersebut, Kota Batu sangat cocok untuk pengembangan berbagai komoditi tanaman sub tropis jenis tanaman hortikultura. Kota Batu menjadi bagian terpenting dari daerah aliran sungai (DAS) Brantas yang terletak di hulu Sungai Brantas. Keberadaannya sangat vital dimana wilayah Kota Batu merupakan salah satu daerah tangkapan air hujan dan juga sebagai pengendali banjir di DAS Brantas.

Dari kondisi wilayah yang ada dapat diketahui Kota Batu merupakan daerah dengan kuantitas dan kualitas air yang terbaik. Namun kenyataannya sangat berbeda, dari fakta yang ditemukan bahwa jumlah sumber mata air di hulu sungai Brantas sebelum 2005 berjumlah 421 sumber mata air, pada 2005 terdapat 221

sumber mata air, 2009 hingga kini menyisakan 57 sumber mata air (WALHI Jawa Timur, 2012). Hal ini disebabkan adanya kerusakan di hulu sungai Brantas karena alih fungsi lahan, dimana hutan dijadikan industri pertanian ekstraktif serta bangunan hotel atau villa dan permukiman penduduk.

Perubahan lahan di Kota Batu mengalami perkembangan yang signifikan, dimana luas permukiman penduduk semakin meningkat dari 2.520,74 ha (2006) menjadi 4.830,62 ha (2013). Hal ini berpengaruh terhadap luasan hutan pada tahun 2013 yang berkurang menjadi 1.316,43 (ha) dari luas sebelumnya pada tahun 2006 sebesar 4.120,37 ha. (Balai Besar Wilayah Sungai Brantas, 2013).

Dengan demikian hal ini sangat berpengaruh terhadap ketersediaan air khususnya di Sub DAS Brantas hulu maupun DAS Brantas secara keseluruhan. Ketersediaan air merupakan fungsi waktu yang berlebih dan berkurang. Pada musim penghujan keberadaan air berlebih dalam bentuk banjir yang menimbulkan kerugian bagi masyarakat, disisi lain pada musim kemarau ketersediaan air berkurang untuk dapat memenuhi kebutuhan air yang relatif tetap bahkan meningkat (Triatmodjo, 2010).

Tujuan konservasi sumber daya air adalah menjaga kelangsungan keberadaan daya dukung, daya tampung, dan fungsi sumber daya air yang dilakukan melalui kegiatan perlindungan dan pelestarian sumber air, pengawetan air, pengelolaan kualitas air, dan pengendalian pencemaran air dengan mengacu pada pola pengelolaan sumber daya air yang ditetapkan pada setiap wilayah sungai.

Untuk mengetahui pengaruh fungsi guna lahan terhadap pemenuhan kebutuhan air baik domestik maupun non domestik, maka perlu dilakukan kajian konservasi sumber daya air terhadap ketersediaan air baik pada saat ini maupun masa yang akan datang khususnya di Sub DAS Brantas hulu Kota Batu, yang nantinya akan dijadikan acuan dalam penanganan konservasi sumber daya air sehingga kebutuhan air khususnya di Sub DAS Brantas hulu dapat terjaga secara berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penyusunan tesis ini adalah:

1. Terjadi perubahan tata guna lahan terhadap luas area hutan pada sub daerah aliran sungai Brantas hulu (Kota Batu).
2. Bagaimana ketersediaan (debit) air pada sub daerah aliran Sungai Brantas hulu (Kota Batu) pada saat ini maupun masa yang akan datang.
3. Bagaimana upaya konservasi sumber daya air yang harus dilakukan untuk menjaga keberlangsungan kuantitas sumber daya air di masa mendatang.
4. Berapa jumlah finansial yang dibutuhkan dalam upaya konservasi sumber daya air.

1.3 Tujuan

1. Menganalisis dampak perubahan tata guna lahan terhadap luas area hutan pada sub daerah aliran sungai Brantas hulu (Kota Batu).
2. Menganalisis ketersediaan (debit) air pada sub daerah aliran Sungai Brantas hulu (Kota Batu) pada saat ini maupun masa yang akan datang.
3. Menentukan upaya konservasi yang harus dilakukan untuk menjaga keberlangsungan kuantitas sumber daya air di masa mendatang.
4. Menganalisis jumlah finansial yang dibutuhkan dalam upaya konservasi sumber daya air.

1.4 Manfaat

Diharapkan hasil evaluasi tesis ini bisa dijadikan sebagai konsep terpadu dalam pengelolaan sumber daya air, khususnya di sub daerah aliran Sungai Brantas bagian hulu Kota Batu terutama pada masa kekeringan. Diharapkan dengan pengelolaan sumber daya air yang baik diperoleh ketersediaan air yang memenuhi secara berkelanjutan sehingga dapat meminimalisir krisis air bersih dalam penyediaan air untuk sektor-sektor penting lainnya yang selalu terjadi setiap tahunnya.

1.5 Batasan Masalah

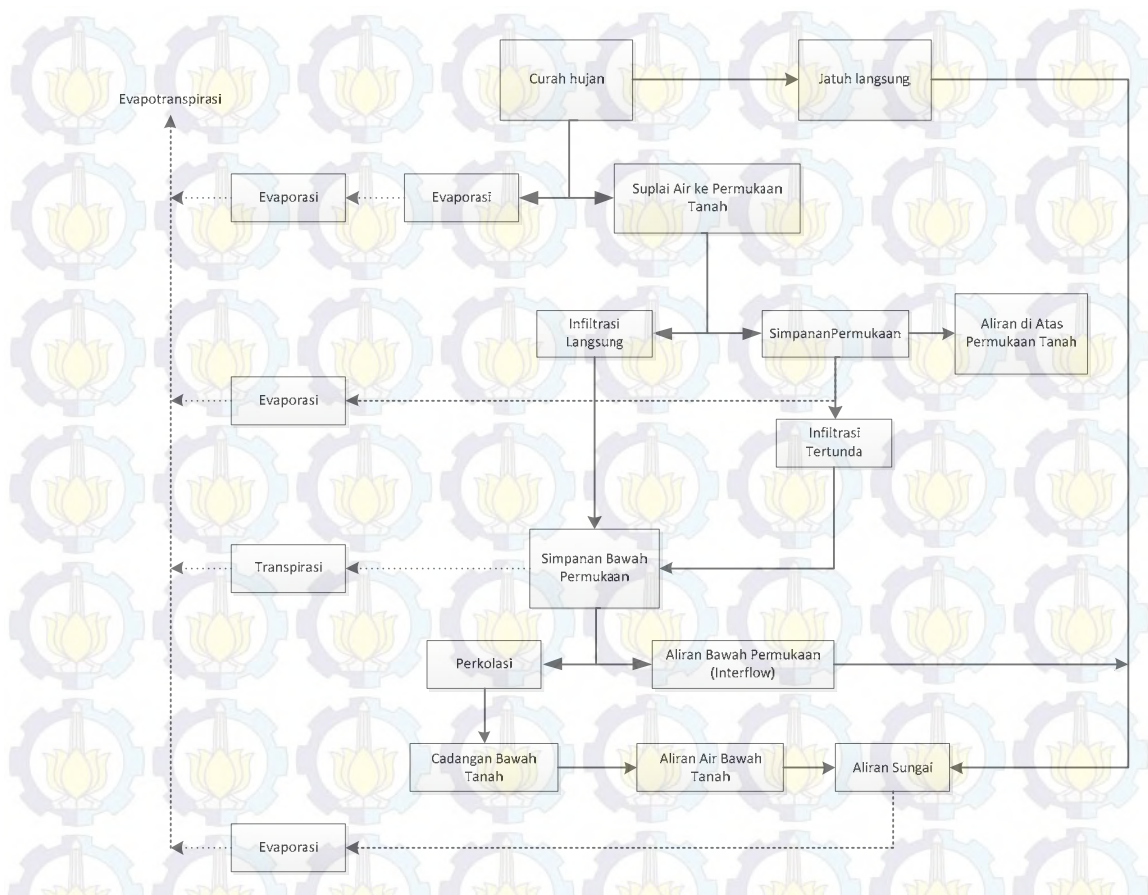
1. Dalam tesis ini permasalahan dibahas dengan batasan hanya pada lingkup sub daerah aliran Sungai Brantas hulu Kota Batu
2. Tidak memperhitungkan besarnya tingkat erosi terhadap kelerengan.
3. Perhitungan ketersediaan air menggunakan metode Mock.
4. Penelitian hanya membahas analisa teknis, lingkungan dan finansial sebagai upaya konservasi daerah aliran Sungai Brantas hulu.
5. Tidak menganalisis pengaruh kualitas air dalam penyediaan air baku untuk air bersih.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Siklus Air

Siklus air adalah rangkaian peristiwa yang terjadi pada air dimulai saat jatuh ke bumi hingga menguap ke udara dan kemudian jatuh kembali ke bumi (Ackerman, Coleman and Ogorsky, 1954). Sebagian air yang jatuh (hujan) menguap sebelum tiba di permukaan bumi, yakni ketika sedang jatuh atau setelah ditahan dan melekat pada tumbuh-tumbuhan. Bagian air hujan yang ditahan dan melekat di permukaan daun dan cabang disebut air intersepsi dan peristiwa penahanan air itu disebut *intersepsi*. Air hujan yang sampai di permukaan tanah adalah air hujan yang jatuh langsung. Air hujan yang setelah tertahan oleh daun atau cabang pohon kemudian jatuh ke permukaan tanah yang disebut *lolosan tajuk* dan air hujan jatuh di permukaan daun, cabang dan batang, kemudian mengalir melalui batang ke bawah disebut *aliran batang*. Bagian air yang sampai ke permukaan tanah disebut persediaan air permukaan yang akan mengalir di permukaan atau masuk ke dalam tanah. Aliran permukaan akan terkumpul dalam reservoir atau sungai kemudian mengalir ke laut. Penguapan terjadi dari permukaan daun dan batang, tanah, danau, sungai dan laut. Dalam proses Bergeraknya aliran permukaan terjadi erosi. Air yang masuk ke dalam tanah dapat kembali ke udara dengan penguapan langsung dari permukaan tanah atau melalui transpirasi oleh tumbuhan atau menguap dari permukaan sungai setelah air tersebut sampai ke dalam sungai melalui aliran bawah tanah (Arsyad, 1989). Secara skematis pembagian hujan sampai ke tanah dapat dilihat pada diagram dibawah ini



Gambar 2.1. Skema Distribusi Air Hujan (Arsyad, 1989).

2.2 Curah Hujan Rerata Daerah (*Areal Rainfall*)

Bila dalam suatu areal terdapat beberapa alat penakar atau pencatat curah hujan, maka untuk mendapatkan harga curah hujan areal adalah dengan mengambil harga rata-ratanya. Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rencana pemanfaatan air dan rencana pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah (*area rainfall*), bukan curah hujan pada suatu titik tertentu (*point rainfall*). Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah/daerah dan dinyatakan dalam mm. (Sosrodarsono, 2003).

Untuk keperluan analisa, yang diperlukan adalah data curah hujan rerata daerah. Ada tiga cara yang berbeda dalam menentukan tinggi curah hujan rata-rata pada real tertentu dari angka-angka curah hujan di beberapa pos penakar atau pencatat (Soemarto, 1987), yaitu Cara Perhitungan Rata-rata Aritmatika (*Aritmatic Mean Method*), cara Poligon Thiesen, dan cara Isohyet.

Tabel 2.1 Pemilihan Metode Penentuan Curah Hujan

1 Jumlah Pos Penakar Hujan	Metode
<ul style="list-style-type: none"> - Cukup - Terbatas - Tunggal 	Isohyet, Poligon Thiessen atau Rerata Aljabar Rerata Aljabar atau Poligon Thiessen Hujan Titik
2 Luas DAS	Metode
<ul style="list-style-type: none"> - DAS Besar ($> 5000 \text{ km}^2$) - DAS Sedang ($500 - 5000 \text{ km}^2$) - DAS Kecil ($< 500 \text{ km}^2$) 	Isohyet Poligon Thiessen Rata-rata Aljabar
3 Topografi	Metode
<ul style="list-style-type: none"> - Pegunungan - Dataran - Berbukit dan tidak beraturan 	Rata-rata Aljabar Poligon Thiessen Isohyet

Sumber : Suripin, 2004

Terlepas dari kelebihan dan kelemahan ketiga metode tersebut, pemilihan metode mana yang cocok digunakan dalam perhitungan curah hujan daerah dapat ditentukan dengan pertimbangan beberapa faktor sebagai berikut (Suripin, 2004) :

- Jaring-jaring pos penakar hujan
- Luas DAS
- Topografi DAS

2.3 Suhu

Suhu udara dapat disebut sebagai ukuran derajat panas udara. Suhu udara umumnya diukur berdasarkan skala tertentu menggunakan thermometer. Beberapa faktor yang mempengaruhi suhu udara: tinggi tempat, daratan atau lautan, radiasi matahari, sudut datang sinar matahari, angin (Soewarno, 2000).

Data suhu berasal dari suhu rata-rata harian, bulanan dan tahunan. Adapun pengertian masing-masing adalah (A.G Kertasapoetra, 2005) :

- Suhu rata-rata harian, yaitu :
 - Dengan menjumlahkan suhu maksimum dan minimum hari tersebut, selanjutnya dibagi dua.

- b. Dengan mencatat suhu setiap jam pada hari tersebut selanjutnya dibagi 24.
2. Suhu rata-rata bulanan, yaitu dengan menjumlahkan suhu rata-rata harian, yang selanjutnya dibagi 30;
3. Suhu rata-rata tahunan, yaitu dengan menjumlahkan suhu rata-rata bulanan, yang selanjutnya dibagi 12;
4. Suhu normal adalah angka rata-rata suhu yang diambil dalam waktu 30 tahun.

Fluktuasi suhu musiman untuk masing-masing lokasi di wilayah Indonesia sangat kecil. Variasi suhu di Indonesia lebih dipengaruhi oleh ketinggian tempat (*altitude*). Suhu maksimum di Indonesia menurun sebesar $0,6^{\circ}\text{C}$ untuk setiap kenaikan elevasi setinggi 100 meter, sedangkan suhu minimum menurun $0,5^{\circ}\text{C}$ setiap kenaikan elevasi 100 meter. Berdasarkan data yang dikumpulkan di 60 lokasi, Oldeman (1977) menemukan hubungan antara suhu dengan ketinggian tempat (Benyamin L, 1994 *dalam* Lasmana, 2008).

Di Indonesia tidak semua stasiun mempunyai data suhu udara. Untuk mengatasi hal tersebut dapat dilakukan pendugaan suhu udara dari stasiun terdekat dengan mempertimbangkan faktor ketinggian tempat. Untuk penyesuaian ini digunakan cara Mock (1973).

$$\Delta t = 0,006 (z_1 - z_2) ^{\circ}\text{C} \quad (2.1)$$

Dengan :

Δt = perbedaan suhu antara stasiun pengukuran dengan stasiun pengukuran yang dianalisa ($^{\circ}\text{C}$)

z_1 = elevasi stasiun pengukuran suhu (m)

z_2 = elevasi stasiun hujan yang dianalisa (m)

Tabel 2.2 Koefisien Penyesuaian Menurut Bujur Dan Bulan

Bujur / Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sept	Okt	Nov	Des
50	0.74	0.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	0.92	0.76	0.7
49	0.75	0.79	1.02	1.14	1.32	1.34	1.35	1.24	1.05	0.93	0.76	0.71
48	0.76	0.8	1.02	1.14	1.31	1.33	1.34	1.23	1.05	0.93	0.77	0.72
47	0.77	0.8	1.02	1.14	1.3	1.32	1.33	1.22	1.04	0.93	0.78	0.73
46	0.79	0.81	1.02	1.13	1.29	1.31	1.32	1.22	1.04	0.94	0.79	0.74
45	0.8	0.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	0.94	0.79	0.75
44	0.81	0.82	1.02	1.13	1.27	1.29	1.3	1.2	1.04	0.95	0.8	0.76
43	0.81	0.82	1.02	1.12	1.26	1.28	1.29	1.2	1.04	0.95	0.81	0.77
42	0.82	0.83	1.03	1.12	1.26	1.27	1.28	1.19	1.04	0.95	0.82	0.79
41	0.83	0.83	1.03	1.11	1.25	1.26	1.27	1.19	1.04	0.96	0.82	0.8

Bujur / Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sept	Okt	Nov	Des
40	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
39	0.85	0.84	1.03	1.11	1.23	1.24	1.26	1.18	1.04	0.96	0.84	0.82
38	0.85	0.84	1.03	1.1	1.23	1.23	1.25	1.17	1.04	0.96	0.84	0.83
37	0.86	0.84	1.03	1.1	1.22	1.23	1.25	1.17	1.03	0.97	0.85	0.83
36	0.87	0.85	1.03	1.1	1.21	1.22	1.24	1.16	1.03	0.97	0.86	0.84
35	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.85
34	0.88	0.85	1.03	1.09	1.2	1.2	1.22	1.16	1.03	0.97	0.87	0.86
33	0.88	0.86	1.03	1.09	1.19	1.2	1.22	1.15	1.03	0.97	0.88	0.86
32	0.89	0.86	1.03	1.08	1.19	1.19	1.21	1.15	1.03	0.98	0.88	0.87
31	0.9	0.87	1.03	1.08	1.18	1.18	1.2	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
30	0.9	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.2	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
29	0.91	0.87	1.03	1.07	1.17	1.16	1.19	1.13	1.03	0.98	0.9	0.89
28	0.91	0.88	1.03	1.07	1.16	1.16	1.18	1.13	1.02	0.98	0.9	0.9
27	0.92	0.88	1.03	1.07	1.16	1.15	1.18	1.13	1.02	0.99	0.9	0.9
26	0.92	0.88	1.03	1.06	1.15	1.15	1.17	1.12	1.02	0.99	0.91	0.91
25	0.93	0.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.17	1.12	1.02	0.99	0.91	0.91
20	0.95	0.9	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1	0.93	0.94
15	0.97	0.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	0.95	0.97
10	1	0.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.01	1.02	0.98	0.99
5	1.02	0.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	0.99	1.02
0	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1	1.04	1.01	1.04
-5	1.06	0.95	1.04	1	1.02	0.99	1.02	1.03	1	1.05	1.03	1.06
-10	1.08	0.97	1.05	0.99	1.01	0.96	1	1.01	1	1.06	1.05	1.1
-15	1.12	0.98	1.05	0.98	0.98	0.94	0.97	1	1	1.07	1.07	1.12
-20	1.14	1	1.05	0.97	0.96	0.91	0.95	0.99	1	1.08	1.09	1.15
-25	1.17	1.01	1.05	0.96	0.94	0.88	0.93	0.98	1	1.1	1.11	1.18
-30	1.2	1.03	1.06	0.95	0.92	0.85	0.9	0.96	1	1.12	1.14	1.21
-35	1.23	1.04	1.06	0.94	0.89	0.82	0.87	0.94	1	1.13	1.17	1.25
-40	1.27	1.06	1.07	0.93	0.86	0.78	0.84	0.92	1	1.15	1.2	1.29
-42	1.28	1.07	1.07	0.92	0.85	0.76	0.82	0.92	1	1.16	1.22	1.31
-44	1.3	1.08	1.07	0.92	0.83	0.74	0.81	0.91	0.99	1.17	1.23	1.33
-46	1.32	1.1	1.07	0.91	0.82	0.72	0.79	0.9	0.99	1.17	1.25	1.35
-48	1.34	1.11	1.08	0.9	0.8	0.7	0.76	0.89	0.99	1.18	1.27	1.37
-50	1.37	1.12	1.08	0.89	0.77	0.67	0.74	0.88	0.99	1.19	1.29	1.41

Sumber : Sosrodasono dan Takeda , 2003

2.4 Evapotranspirasi Potensial (ET_o)

Evaporasi adalah berubahnya air menjadi uap dan bergerak dari permukaan tanah dan permukaan air ke udara (Sosrodarsono dan Takeda, 2003). Sedangkan Transpirasi merupakan proses keluarnya air dari tanaman akibat proses respirasi dan fotosintesis.

Kombinasi dua proses yang saling terpisah dimana kehilangan air dari permukaan tanah melalui proses evaporasi dan kehilangan air dari tanaman melalui proses transpirasi disebut sebagai *evapotranspirasi* (Hillel, 1983).

Faktor meteorologi yang mempengaruhi besarnya evaporasi adalah sebagai berikut (Triatmodjo, 2010):

1. Radiasi matahari.

2. Kecepatan Angin.
3. Kelembaban (*humiditas*) relatif.
4. Suhu (temperatur).

Faktor penting terjadinya evapotranspirasi adalah tersedianya air dalam jumlah banyak. Jika air selalu tersedia dalam jumlah yang berlimpah bagi tumbuhan untuk digunakan dalam proses transpirasi, akan lebih banyak yang digunakan dibandingkan jika jumlah air yang tersedia lebih sedikit yang dapat digunakan. Oleh karena itu, perbedaan harus dibuat antara evapotranspirasi potensial (potential evapotranspiration) dan evapotranspirasi sebenarnya terjadi (Wilson, 1993).

Dalam perhitungan evapotranspirasi potensial dapat menggunakan beberapa metode terkait data yang tersedia, diantaranya seperti tabel dibawah ini :

Tabel 2.3. Metode Dan Data Pendugaan Evapotranspirasi Potensial (ET_o)

No	Rumus	Data Klimatologi yang Diperlukan
	<i>Rumus-rumus yang menggunakan data suhu udara rata-rata harian :</i>	
1.	Lowry – Johnson	Suhu selama masa tanam.
2.	Thornthwaite	Suhu.
3.	Blaney – Criddle	Suhu, % sinar matahari, koefesien tanaman
	<i>Rumus-rumus yang menggunakan data suhu udara rata-rata harian dan radiasi matahari :</i>	
1.	Jansen – Haise	Suhu, radiasi matahari.
2.	Turc	Suhu, radiasi matahari.
3.	Grassi	Suhu, radiasi matahari dan koefesien tanaman.
4.	Stephen – Steward	Suhu, radiasi matahari.
5.	Makkink	Suhu, radiasi matahari.

No	Rumus	Data Klimatologi yang Diperlukan
<i>Rumus-rumus yang menggunakan data suhu udara rata-rata harian dan kelembaban :</i>		
1.	Blaney – Morim	Suhu, % sinar matahari, kelembaban relatif, koefesien tanaman.
2.	Harmon	Suhu, kelembaban mutlak, % sinar matahari.
3.	Hargreaves	Suhu, kelembaban relatif, % sinar matahari, koefesien tanaman.
4.	Papadakis	Suhu, tekanan uap jernih, suhu rata-rata harian dan suhu minimum.
<i>Rumus-rumus Kompleks</i>		
1.	Penmann	Suhu, % sinar matahari, kelembaban relatif, koefesien tanaman.
2.	Christiansen	Suhu, kelembaban relatif, % sinar matahari, koefesien tanaman
3.	Van Bavel	Suhu, tekanan uap jernih, suhu rata-rata harian dan suhu minimum.

Sumber : CD Soemarto, 1987

Pemakaian rumus yang ada dalam perkiraan besarnya evapotranspirasi potensial (PE) umumnya sangat dipengaruhi oleh ketersediaan data. Pada studi ini untuk menghitung evapotranspirasi potensial digunakan *Thornthwaite*.

- **Evapotranspirasi Potensial Metode Thornthwaite**

Evapotranspirasi potensial adalah nilai yang menggambarkan kebutuhan lingkungan, varian vegetasi, atau kawasan pertanian untuk melakukan evapotranspirasi. *Thornthwaite* mengusulkan metode empiris menghitung

evapotranspirasi potensial dari data suhu udara rata-rata bulanan, standar bulan 30 hari dan jam peninarannya 12 jam. Adapun persamaan adalah:

$$ET_{O_x} = 16 \times \left(\frac{10 T_m}{I} \right)^a \quad (2.2)$$

$$ET_o = f \times ET_{O_x} \quad (2.3)$$

$$I = \sum_{m=1}^{12} \left(\frac{T_m}{5} \right)^{1,514} \quad (2.4)$$

$$a = (6,75 \cdot 10^{-7}) \cdot I^3 - (7,71 \cdot 10^{-5}) \cdot I^2 + (1,792 \cdot 10^{-2}) \cdot I + 0,49239 \quad (2.5)$$

Dengan :

T_m = suhu udara rata-rata bulanan ($^{\circ}\text{C}$)

f = Koefisien penyesuaian hubungan antara jumlah jam dan hari terang berdasarkan lokasi (Tabel 2.2)

I = indeks panas tahunan

ET_{O_x} = Evapotraspirasi potensial yang belum disesuaikan faktor f (mm/bulan)

ET_o = Evapotraspirasi potensial (mm/bulan)

2.5 Permukaan Lahan Terbuka (Exposed surface)

Menurut permukaan lahan terbuka (exposed surface) ditentukan berdasar peta tata guna lahan, atau dapat menggunakan nilai asumsi (Sudirman, 2002) sebagai berikut :

$m = 0 \%$ untuk lahan dengan hutan lebat (hutan primer, sekunder)

$m = 10 - 30 \%$ untuk lahan tererosi

$m = 30 - 50 \%$ untuk lahan pertanian yang diolah (misal: sawah dan ladang)

2.6 Keseimbangan Air Permukaan Tanah

Menurut Mock (1973) dalam studi yang dilakukan di daerah aliran sungai di Bogor, ditetapkan besarnya kapasitas kelembaban tanah (Soil Moisture Capacity).

Soil moisture capacity (SMC) adalah kapasitas kandungan air pada lapisan tanah permukaan (surface soil) per m^2 . Besarnya Soil Moisture Capacity untuk perhitungan ketersediaan air ini diperkirakan berdasarkan kondisi porositas

lapisan tanah permukaan dari daerah pengaliran sungai yaitu berkisar antara 50 – 250 mm. Semakin besar porositas tanah, akan semakin besar pula Soil Moisture Capacity yang ada. SMC maksimum adalah 200 mm/bulan. Ada dua keadaan untuk menentukan SMC, yaitu:

a) $SMC = 200 \text{ mm/bulan}$, jika $P - Et > 0$.

Artinya tampungan kelembaban tanah (Soil Moisture Storage, disingkat SMS) sudah mencapai kapasitas maksimumnya atau terlampaui sehingga air tidak disimpan dalam tanah lembab. Ini berarti soil storage (SS) sama dengan nol dan besarnya *water surplus* sama dengan $P - Et$.

b) $SMC = SMC \text{ bulan sebelumnya} + (P - Et)$, jika $P - Et < 0$.

Untuk keadaan ini, tampungan tanah lembab belum mencapai kapasitas maksimum, sehingga ada air yang disimpan dalam tanah lembab. Besarnya air yang disimpan ini adalah $P - Et$ (Mock, F.J, 1973 *dalam* Sidharno, 2013).

Keseimbangan air permukaan tanah di permukaan tanah dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut :

- Air hujan (D_s)

Air hujan yang mencapai permukaan tanah dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$D_s = P - Et \quad (2.6)$$

di mana :

D_s = air hujan mencapai permukaan tanah

P = Curah hujan bulanan

Et = Evapotranspirasi

- Kandungan air tanah

Besar kandungan air tanah tergantung dari harga air hujan (D_s), bila harga D_s negatif, maka kapasitas kelembaban tanah akan berkurang dan bila D_s positif maka kelembaban tanah akan bertambah.

- Kelebihan air (Water Surplus)

Kelebihan air (water surplus) didefinisikan sebagai air hujan (presipitasi) yang telah mengalami evapotranspirasi dan mengisi tampungan tanah (soil storage, disingkat SS). Water surplus ini berpengaruh langsung pada infiltrasi atau

perkolasi dan total run off yang merupakan komponen debit. Persamaan water surplus (disingkat WS) adalah sebagai berikut:

$$WS = (P - Et) - SS \quad (2.7)$$

Dengan :

WS (Water Surplus) = volume air yang akan masuk ke permukaan tanah. Akan terjadi surplus, jika $(P - Et) - SS > 0$ dan defisit air jika $(P - Et) - SS < 0$.

$P - Et$ = Presipitasi yang telah mengalami evapotranspirasi.

SS (soil storage) = perubahan volume air yang ditahan oleh tanah yang besarnya tergantung pada $(P - Et)$, soil storage bulan sebelumnya.

Selanjutnya WS (Water Surplus) ini akan mengalami infiltrasi dan melimpas di permukaan (run off). Besarnya infiltrasi ini tergantung pada koefisien infiltrasi

2.7 Limpasan (Runoff)

Apabila intensitas hujan yang jatuh di suatu DAS melebihi kapasitas infiltrasi, maka air akan mengisi cekungan-cekungan yang ada pada permukaan tanah. Limpasan terjadi karena air hujan yang telah mengalami evapotranspirasi, dimana air hujan yang jatuh ke permukaan tanah akan meresap ke tanah (infiltrasi) dan selebihnya akan mengalir menjadi limpasan permukaan (surface runoff). Infiltrasi ini pertama-tama akan menjenuhkan *top-soil* dulu baru kemudian menjadi perkolasi ke tampungan air tanah yang nantinya akan keluar ke sungai sebagai *base flow*. Di daerah hulu DAS (pegunungan) limpasan permukaan dapat masuk ke sungai dengan cepat yang dapat menyebabkan debit air meningkat (Triatmodjo, 2010). Komponen-komponen yang mempengaruhi terhadap limpasan berasal dari 3 sumber yaitu :

a) Aliran Permukaan (surface runoff)

Aliran yang juga disebut aliran langsung (direct runoff) ini merupakan bagian dari air hujan yang mengalir dalam bentuk lapisan tipis di atas permukaan tanah. Aliran permukaan dapat dengan cepat terkonsentrasi menuju sungai sehingga dapat berpengaruh terhadap banjir

b) Aliran Antara (interflow)

Aliran antara terjadi secara lateral dibawah permukaan tanah. Aliran antara terdiri dari gerakan air dan lengas tanah secara lateral menuju elevasi yang lebih rendah, yang akhirnya menuju sungai. Proses aliran ini lebih lambat jika dibandingkan dengan aliran permukaan dimana tingkat kelambatannya bisa terjadi dalam beberapa jam sampai hari.

c) Aliran Air Tanah

Aliran air tanah adalah aliran yang terjadi di bawah permukaan air tanah ke elevasi yang lebih rendah yang akhirnya menuju sungai. Air hujan yang terinfiltrasi melalui permukaan tanah sebagian menjadi aliran antara dan sebagian mengalir ke bawah (perkolasi) sehingga mencapai air tanah. Muka air tanah mempunyai kemiringan sangat kecil dan aliran air searah dengan kemiringan tersebut menuju sungai sebagai aliran dasar (base flow). Proses aliran air tanah lebih lambat dari aliran antara dengan tingkat kelambatan dalam mingguan sampai tahunan.



Gambar 2.2. Komponen Limpasan (Triatmodjo, 2010).

Parameter yang mempengaruhi besaran limpasan adalah:

2.7.1 Infiltrasi

Menurut Mock (1973) besarnya infiltrasi adalah *water surplus* (WS) dikalikan koefisien *infiltrasi* (if) :

$$\text{Infiltrasi (i)} = \text{WS} \times \text{if} \quad (2.8)$$

Koefisien infiltrasi sangat dipengaruhi oleh kondisi porositas maupun kemiringan daerah pengaliran. Nilai koefisien infiltrasi berkisar antara 0,20 ~ 0,50. Besarnya

koefisien infiltrasi sangat tergantung dari kondisi alam, yakni : jenis tanah, kemiringan muka tanah dan jenis tutupan lahan atau tata guna lahan.

Nilai koefisien *infiltrasi rendah* bilamana kondisi alamnya sebagai berikut :

- Jenis tanah pada permukaan (top soil) merupakan tanah berat (heavy soil) atau merupakan jenis batuan padat.
- Kemiringan permukaan tanah terjal
- Kondisi tutupan lahan terbuka / gundul.

Nilai koefisien *infiltrasi tinggi* bilamana kondisi alamnya sebagai berikut :

- Jenis tanah pada permukaan (top soil) merupakan tanah ringan (light soil) atau merupakan jenis batuan lepas
- Kemiringan permukaan tanah relatif landai / datar
- Kondisi tutupan lahan tertutup vegetasi.

Infiltrasi terus terjadi sampai mencapai zona tampungan air tanah (simpanan air tanah/groundwater storage, disingkat GS). Dalam Metoda ini, besarnya GS dipengaruhi oleh:

- a. Infiltrasi (i). Semakin besar infiltrasi maka groundwater storage semakin besar pula, dan begitu pula sebaliknya.
- b. Konstanta resesi aliran bulanan (K). Konstanta resesi aliran bulanan (monthly flow recession constan) disimbolkan dengan K adalah proporsi dari air tanah bulan lalu yang masih ada bulan sekarang. Nilai K ini cenderung lebih besar pada bulan basah. Berdasar metode Mock besaran nilai K antara 0-1.
- c. Tampungan air permulaan $V(n-1)$. Nilai ini diasumsikan sebagai konstanta awal, dengan anggapan bahwa water balance merupakan siklus tertutup yang ditinjau selama rentang waktu menerus tahunan tertentu. Dengan demikian maka nilai asumsi awal bulan pertama tahun pertama harus dibuat sama dengan nilai bulan terakhir tahun terakhir. Nilai tampungan air permulaan didasarkan faktor kelengasan tanah. Lengas tanah dalam hidrologi merupakan suatu reservoir penyimpanan yang naik turun secara cepat darimana air diserap oleh akar-akar tanaman untuk transpirasi, dan

oleh evaporasi langsung dari permukaan (Lee, 1980). Tabel 2.4 berikut ini merupakan nilai kelengasan tanah dari bermacam kelas tekstur tanah:

Tabel 2.4. Lengas Tanah (Milimeter per Meter Jeluk Tanah)

Kelas tekstur	Kapasitas lapangan	Titik layu	Air tersedia
Pasir	100	25	75
Pasir halus	116	33	83
Lempung berpasir	158	50	108
Lempung halus berpasir	217	67	150
Lempung	267	100	167
Lempung berdebu	283	116	167
Lempung ringan liat	300	133	167
Lempung berliat	317	150	167
Lempung liat berat	325	175	150
Liat	325	208	117

Sumber: Lee Richard, 1980

2.7.2 Penyimpanan Air Tanah (Ground Water Storage)

Berdasarkan faktor-faktor seperti infiltrasi (i), konstanta resesi aliran bulanan (K) maupun tampungan air permulaan $V(n-1)$, maka metode Mock merumuskan besaran penyimpanan air tanah (Ground Water Storage) sebagai berikut:

$$V_n = \{ 0,5 \times (1 + K) \times i \} + \{ K \times V(n-1) \} \quad (2.9)$$

Seperti telah dijelaskan, metoda Mock adalah metoda untuk memprediksi debit yang didasarkan pada neraca air. Oleh sebab itu, batasan-batasan water balance ini harus dipenuhi. Salah satunya adalah bahwa perubahan penyimpanan air tanah (DV_n) selama rentang waktu tahunan tertentu adalah nol, atau (misalnya untuk 1 tahun):

$$\sum_{i=bulank}^{bulank+2} DV_n = 0$$

Besaran DV_n adalah selisih antara volume penyimpanan air tanah (V_n) dengan Tampungan air permulaan $V_{(n-1)}$. Perubahan penyimpanan air tanah ini penting bagi terbentuknya aliran dasar sungai (base flow, disingkat BF). Dalam hal ini BF merupakan selisih antara infiltrasi (i) dengan perubahan DV_n , seperti dalam persamaan berikut ini:

$$BF = i - DV_n \quad (2.10)$$

Selain BF, komponen debit yang lain adalah *direct run off* (DR) (limpasan langsung) atau *surface run off* (limpasan permukaan). Limpasan permukaan berasal dari kelebihan air (*water surplus*) yang telah mengalami infiltrasi. Jadi DR dihitung dengan persamaan:

$$DR = WS - i \quad (2.11)$$

Dengan demikian maka nilai total aliran sungai (R) dapat diketahui dengan menjumlahkan nilai dari aliran dasar (BF) dan aliran langsung (DR) yang merupakan beberapa komponen pembentuk debit sungai (*stream flow*), atau dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$R = BF + DR \quad (2.12)$$

Nilai R ini dinyatakan dalam mm/bulan, maka jika R ini dikalikan dengan luas daerah tangkapan air dalam km^2 dengan suatu angka konversi tertentu didapatkan besaran debit dalam m^3/det .

2.8 Ketersediaan Air

Dalam menganalisa ketersediaan air perlu diperhatikan kompone-komponen yang mempengaruhinya, dimana komponen-komponen tersebut melingkupi komponen air permukaan dan air tanah. Untuk menganalisa ketersediaan air permukaan akan digunakan sebagai acuan adalah debit andalan (*dependable flow*). *Debit andalan* adalah suatu besaran debit pada suatu titik kontrol (titik tinjau) disuatu sungai dimana debit tersebut merupakan gabungan antara limpasan langsung dan aliran dasar. Debit ini mencerminkan suatu angka yang dapat diharapkan terjadi pada titik kontrol yang dikaitkan dengan waktu dan nilai keandalan (Jurnal Teknik Rekayasa, volume 13 No 1 juni 2012)

Untuk mendapatkan nilai ketersediaan, maka perlu dianalisa lebih dalam melalui debit andalan atau ketersediaan debit yang merupakan debit benar-benar

dapat diandalkan ada pada suatu sungai, baik pada musim kering atau musim penghujan. Beberapa metode dapat dilakukan untuk mengetahui debit andalan ini seperti metode Mock, pengukuran langsung dan dengan memasang alat pengukur debit Automatic Water Level Record (Sutapa 2009).

Metode Mock menganggap bahwa hujan yang jatuh pada *catchment area* sebagian akan hilang sebagai evapotranspirasi, sebagian akan langsung menjadi *direct run off* dan sebagian lagi akan masuk ke dalam tanah (*infiltrasi*). Infiltrasi ini pertama-tama akan menjenuhkan *top-soil* dulu baru kemudian menjadi perkolasi ke tampungan air tanah yang nantinya akan keluar ke sungai sebagai *base flow*. Dalam hal ini harus ada keseimbangan antara hujan yang jatuh dengan evapotranspirasi, *direct run off* dan infiltrasi sebagai *soil moisture* dan *ground water discharge*. Metode ini didasarkan pada parameter data hujan, evapotranspirasi dan karakteristik DAS setempat.

2.9 Kebutuhan Air

Besaran kebutuhan air antara suatu daerah dengan daerah lain akan berbeda, hal ini sangat dipengaruhi oleh iklim, lingkungan hidup, penduduk dan faktor-faktor lainnya. Penggunaan air juga berubah dari musim ke musim, hari ke hari dan jam ke jam (Linsley et al., 1996), dengan demikian dalam evaluasi akan diperhitungkan kemungkinan penggunaan air. Kebutuhan air domestik dihitung berdasarkan jumlah penduduk dan standar kebutuhan air di wilayah administratif yang akan dilayani. Untuk menduga ketersediaan air didapatkan dari analisa curah hujan, ketersediaan air didapatkan dari debit Model Mock, Untuk proses simulasi keseimbangan dan keandalan tampungan selama masa proyeksi (Montarcih, 2009). Untuk mengetahui kebutuhan air bersih, maka diperlukan data proyeksi pertumbuhan penduduk untuk masa yang akan datang. Dalam penelitian ini digunakan beberapa metode:

- **Rata-rata aritmatik ; $P_t = P_o + r \cdot (dt)$** (2.13)

P_t = Penduduk tahun ke t

P_o = Penduduk pada awal perolehan data

r = rata-rata pertambahan penduduk pertahun

dt = kurun waktu proyeksi

- **Selisih kuadrat minimum (*least square*) ; $P_n = a + b \cdot t$** (2.14)

t = Tambahan tahun terhitung dari tahu dasar

$$a = \frac{(\sum P) \cdot (\sum t^2) - (\sum t) \cdot (\sum P \cdot t)}{n \cdot (\sum t^2) - (\sum t)^2}$$

$$b = \frac{n \cdot (\sum P \cdot t) - (\sum P) \cdot (\sum t)}{n \cdot (\sum t^2) - (\sum t)^2}$$

n = Jumlah data yang diambil harus ganjil

- **Berganda (*geometric*) ; $P_n = P_o (1 + r)^{dt}$** (2.15)

P_n = Populasi pada tahun ke-n (proyeksi penduduk)

P_o = populasi saat ini

r = rata-rata pertambahan penduduk pertahun

dimana:

$$r = \left(\frac{p_o}{p_t} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

p_o = populasi saat ini

p_t = populasi tahun dasar (tahun awal data yang diambil)

n = jumlah data yang diambil

dt = kurun waktu proyeksi

Dengan adanya jumlah penduduk maka bisa diproyeksikan jumlah kebutuhan air di masa mendatang berdasar jumlah penduduk dan jumlah kebutuhan (L/org/hari).

2.9.1 Kebutuhan Air Non Irigasi

a. Kebutuhan Air Domestik ($Q_{domestik}$).

Kebutuhan air penduduk/domestik dihitung berdasarkan jumlah penduduk yang ada di daerah tersebut. Untuk menentukan kebutuhan untuk keperluan domestik dipergunakan rumus berikut :

$$Q_{domestik} = P_t \cdot U_n \quad (2.16)$$

$Q_{domestik}$ = jumlah kebutuhan air penduduk (liter/jiwa/detik);

Pt = jumlah penduduk pada tahun yang bersangkutan (jiwa);

Un = nilai kebutuhan air perkapita per hari (liter/jiwa/hari).

Adapun kriteria penentuan kebutuhan air domestik dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2.5. Kriteria Penentuan Kebutuhan Air Domestik

Jumlah Penduduk	Domestik (lt/kap/hr)	Non Domestik (lt/kap/hr)	Kehilangan Air (lt/kap/hr)
>1000.000	150	60	50
500.000 – 1000.000	135	40	45
100.000 – 500.000	120	30	40
20.000 – 100.000	105	20	30
<20.000	82,5	10	24

Sumber : Ditjen Cipta Karya, 2000

b. Kebutuhan Air Perkantoran

Kebutuhan air bersih untuk kantor ditetapkan 10 liter/ pegawai/ hari (Direktorat Teknik Penyehatan, Dirjen Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum).

c. Kebutuhan Air Fasilitas Kesehatan

Kebutuhan air untuk fasilitas kesehatan dihitung berdasar jumlah tempat tidur yaitu sebesar 200 liter/ tempat tidur/ hari (Direktorat Teknik Penyehatan, Dirjen Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum).

d. Kebutuhan Air Hotel/ Penginapan

Kebutuhan air bersih untuk sarana perhotelan/ penginapan didasarkan pada kebutuhan untuk tempat tidur dan data jumlah tempat tidur yang ada yaitu 200 liter/ tempat tidur/ hari (Direktorat Teknik Penyehatan, Dirjen Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum).

e. Kebutuhan Air Untuk Pendidikan

Menurut Direktorat Teknik Penyehatan, Dirjen Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum kebutuhan air bersih untuk siswa sekolah sebesar 25 liter/ siswa/ hari.

f. Kebutuhan Air Untuk Peribadatan

Kebutuhan air untuk peribadatan dihitung berdasar luas bangunan ibadah (m²). Satuan pemakaian air bersih sebesar 3000 liter/ unit/ hari (Kebijakan Operasional Departemen Permukiman Prasarana Wilayah, 2001).

g. Kebutuhan Air Untuk Peternakan

Kebutuhan air untuk ternak dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.6 Kebutuhan Air Untuk Ternak

Jenis Ternak	Kebutuhan Air (lt/kap/hr)
Sapi/ kerbau/ kuda	40
Kambing/ domba	5
Babi	6
Unggas	0,6

Sumber : Nippon Koei C., Ltd (1993)

Kebutuhan air untuk ternak diestimasikan dengan cara mengalikan jumlah ternak dengan tingkat kebutuhan air berdasar persamaan sebagai berikut :

$$Q_t = 365/1000 [q(c/b/h) \times P(c/b/h) + q(s/g) \times P(s/g) + q(pi) \times P(pi) + q(po) \times P(po)] \quad (2.17)$$

Dengan :

Q_t : kebutuhan air untuk ternak (m³/th)

$q(c/b/h)$: kebutuhan air untuk sapi/kerbau/kuda (liter/kepala/hari)

$q(s/g)$: kebutuhan air untuk kambing/domba (liter/kepala/hari)

$q(pi)$: kebutuhan air untuk babi (liter/kepala/hari)

$q(po)$: kebutuhan air untuk unggas (liter/kepala/hari)

P(c/b/h) : jumlah sapi/kerbau/kuda (ekor)

P(s/g) : jumlah kambing/domba (ekor)

P(pi) : jumlah babi (ekor)

P(po) : jumlah unggas (ekor)

h. Kebutuhan Air Untuk Industri

Standar kebutuhan air industri sebesar 10% dari konsumsi air domestik (Direktorat Teknik Penyehatan, Dirjen Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum).

i. Kebutuhan Air Untuk Hidrant

Kebutuhan air bersih untuk hidrant ditetapkan 10 liter/ jiwa/ hari (Direktorat Teknik Penyehatan, Dirjen Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum).

b. Kebutuhan Air Untuk Lain-lain

Kebutuhan lain-lain meliputi kebutuhan air untuk mengatasi kebakaran, taman dan penghijauan, serta kehilangan atau kebocoran air. Kebutuhan air diambil 45% dari kebutuhan air total domestik (Direktorat Teknik Penyehatan, Dirjen Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum).

2.9.2 Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan irigasi dipengaruhi beberapa faktor seperti klimatologi, kondisi tanah, koefisien tanaman, pola tanam, pasokan air yang diberikan, luas daerah irigasi, efisiensi irigasi, penggunaan kembali air drainase untuk irigasi, sistem golongsn, jadwal tanam dan lain-lain (Triatmodjo, 2010).

Kebutuhan irigasi dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q_{iri} = \frac{Etc + IR + WLR + P - Re}{IE} \times A \quad (2.18)$$

$Q_{iriigasi}$ = kebutuhan air irigasi (liter/detik);

Etc = kebutuhan air konsumtif (mm/hari);

IR = kebutuhan air irigasi di tingkat persawahan (mm/hari);

WLR = kebutuhan air untuk mengganti lapisan air (mm/hari), besaran WLR = 50 mm/bulan atau 3,3 mm/hari selama ½ bulan (Standart Perencanaan Irigasi KP-01, 1986);

P = Perkolasi (1-3 mm/hari);

Re = hujan efektif (mm/hari);

IE = efisiensi irigasi, berdasarkan asumsi jumlah air yang hilang di petak sawah (%);

A = luasan areal irigasi (ha).

Sedangkan formula komponennya adalah :

- Kebutuhan air konsumtif (Etc)

$$Etc = Eto \times kc \quad (2.19)$$

Dengan :

Etc = kebutuhan air konsumtif untuk tanaman (mm/hari);

ETo = evapotranspirasi (mm/hari);

kc = koefisien tanaman.

- Kebutuhan air untuk penyiapan lahan (IR)

Kebutuhan air pada waktu penyiapan lahan dipengaruhi waktu penyiapan lahan (T) dan lapisan air yang dibutuhkan untuk persiapan lahan (S).

Metode perhitungan kebutuhan air selama penyiapan lahan dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijlstra (Standart Perencanaan Irigasi KP-01, 1986).

$$IR = M \left(\frac{e^k}{e^k - 1} \right) \quad (2.20)$$

Dengan:

IR = kebutuhan air di tingkat persawahan (mm/hari)

M = kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang telah dijenukan = $Eo + P$ (mm/hari);

P = perkolasi (mm/hari);

E_o = evaporasi terbuka ($=1.1 \times E_{to}$), (mm/hari);

k = M (T/S);

e = koefisien (bilangan rasional = 2,718)

- Curah hujan efektif (R_e)

Curah hujan efektif menggunakan R_{80} yang berarti kemungkinan tidak terjadi 20%. Besarnya curah hujan efektif untuk tanaman padi diambil 70% dari curah hujan minimum tengah bulanan dengan periode ulang 5 tahun (Standart Perencanaan Irigasi KP-01, 1986), dengan persamaan sebagai berikut :

$$R_e = 0.7 \times 1/15 (R_{80}) \quad (2.21)$$

Dengan:

R_e = curah hujan efektif (mm/hari);

R_{80} = curah hujan kemungkinan tidak terpenuhi 20% (mm);

R_{80} didapat dari urutan data dengan rumus Harza :

$$m = \frac{n}{5} + 1 \quad (2.22)$$

dengan :

m = rangking dari urutan terkecil;

n = jumlah tahun pengamatan.

2.10 Neraca Air

Pendekatan strategis merupakan pendekatan dengan metode keseimbangan antara suplai dan kebutuhan serta antisipasi atau berusaha menghindari ancaman dari dampak kekeringan (Kodoatie dan Sjarief 2008). Pendekatan harus berdasar pada kesimbangan air antara ketersediaan dan kebutuhan, dari sisi ketersediaan sumber daya air yang ada harus terjamin keberadaannya yang berkelanjutan. Sedangkan dari sisi kebutuhan, air yang dimanfaatkan harus lebih kecil atau sama

dengan ketersediaan. Dari strategi tersebut maka akan di urai lebih dalam konsep dan metode yang akan digunakan dalam penelitian.

Konsep neraca air pada dasarnya menunjukkan keseimbangan antara jumlah air yang masuk (inflow) dan yang keluar (outflow) dalam suatu proses sirkulasi air pada periode tertentu (Sri Harto, 2000). Secara umum persamaan neraca air dirumuskan dengan :



Gambar 2.3. Konsep Dasar Neraca Air (Sri Harto, 2000)

Secara umum persamaan neraca air dirumuskan dengan :

$$I = O \pm \Delta S \quad (2.23)$$

I = masukan (*inflow*)

O = keluaran (*outflow*)

ΔS = perubahan tampungan.

Neraca air merupakan hubungan antara masukan air total dan keluaran air total yang terjadi pada suatu DAS yang didalamnya terkandung komponen-komponen seperti debit aliran sungai, curah hujan, evapotranspirasi, perkolasi, kelembaban tanah, dan periode waktu.

Teknik neraca air sebagai salah satu subjek utama dalam hidrologi, merupakan suatu cara untuk mendapatkan jawaban penting atas permasalahan praktis hidrologi, yaitu dalam hal evaluasi kuantitatif sumberdaya air wilayah, serta perubahan akibat intervensi kegiatan manusia. Informasi neraca air sungai diperlukan untuk operasional pengelolaan dan prakiraan hidrologi dalam pengelolaan air umumnya.

Perumusan dari neraca air ketersediaan dan kebutuhan, atau penjelasan mengenai hubungan antara aliran ke dalam (inflow) dan aliran keluar (outflow) di suatu

daerah untuk suatu perioda tertentu disebut neraca air atau keseimbangan air (water balance):

$$P = ETo + \Delta GS + TRO \quad (2.24)$$

dengan:

P = presipitasi

Ea = evapotranspirasi

ΔGS = perubahan *groundwater storage* (simpanan air tanah)

TRO = total *run off* (limpasan permukaan total)

2.11 Klasifikasi Tanah

2.11.1 Tekstur Tanah

Tekstur tanah merupakan relatif fraksi pasir, debu dan liat yang menyusun masa tanah. Tekstur tanah turut menentukan tata air dalam tanah, berupa kecepatan infiltrasi, penetrasi dan kemampuan pengikat air oleh tanah (Mega dkk, 2010). Klas tekstur tanah dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Tabel 2.7. Kelas Tekstur Tanah

No	Kelas Tekstur	Sifat Tanah
1	Pasir	Rasa kasar jelas, tidak membentuk bola dan gulungan serta tidak melekat.
2	Pasir berlempung	Rasa kasar sangat jelas, membentuk bola yang mudah sekali hancur serta sedikit sekali melekat.
3	Lempung berpasir	Rasa kasar agak jelas, membentuk bola agak keras, mudah hancur serta melekat.
4	Lempung berdebu	Rasa licin, membentuk bola teguh, pita dan lekat.
5	Lempung	Rasa tidak kasar dan tidak licin, membentuk bola teguh, dapat sedikit digulung dengan permukaan mengkilat.
6	Debu	Rasa licin sekali, membentuk bola teguh, dapat sedikit digulung dengan permukaan mengkilat serta agak melekat.
7	Lempung berliat	Rasa agak kasar, membentuk bola agak teguh (kering), membentuk gulungan bila

No	Kelas Tekstur	Sifat Tanah
		dipijit, gulungan mudah hancur serta melekat.
8	Lempung liat berpasir	Rasa kasar agak jelas, membentuk bola agak teguh (kering), membentuk gulungan bila dipijit, gulungan mudah hancur serta melekat.
9	Lempung liat berdebu	Rasa jelas licin, membentuk bola teguh, gulungan mengkilat serta melekat.
10	Liat berpasir	Rasa licin agak kasar, membentuk bola, dalam keadaan kering sukar dipijit, mudah digulung serta melekat sekali.
11	Liat berdebu	Rasa agak licin, membentuk bola, dalam keadaan kering sukar dipijit, mudah digulung serta melekat sekali.
12	Liat berat	Rasa berat sekali, membentuk bola baik serta melekat sekali.

Sumber: Mega dkk, 2010

2.11.2 Jenis Tanah

Menurut Dudal dan Suparaptoharjo (1957) yang telah dimodifikasi dengan pengaruh FAO/ UNESCO jenis tanah dapat diklasifikasikan menurut tekstur maupun warnanya sebagai berikut:

Tabel 2.8. Jenis Tanah

No	Klasifikasi Tanah	Sifat Tanah
1	Organosol	Tanah organik (gambut yang tebalnya lebih dari 50 cm).
2	Litosol	Tanah yang dangkal yang berkembang diatas batuan keras dan belum mengalami perkembangan profil akibat dari erosi. Dijumpai pada daerah dengan lereng yang curam.
3	Rendzina	Tanah dengan epipedon mollik (warna gelap, kandungan bahan organik lebih 1 %, kejenuhan basa lebih 50 %, dibawahnya

No	Klasifikasi Tanah	Sifat Tanah
		terdiri dari batuan kapur.
4	Grumusol	Tanah dengan kadar liat lebih dari 30 % bersifat mengembang dan mengkerut. Kalau musim kering tanah keras dan retak-retak karena mengkerut, kalau basah lengket (mengembang).
5	Gleisol	Tanah yang selalu jenuh air sehingga berwarna kelabu atau menunjukkan sifat-sifat hidromorfik lain.
6	Aluvial	Tanah yang berasal dari endapan alluvial atau koluvial muda dengan perkembangan profil tanah lemah sampai tidak ada. Sifat tanah beragam tergantung dari bahan induk yang diendapkannya serta penyebarannya tidak dipengaruhi oleh ketinggian maupun iklim yang memiliki kandungan pasir kurang dari 60 %
7	Arenosol	Tanah berstruktur kasar dari bahan alvik yang terdapat pada kedalaman sekurang-kurangnya 50 cm dari permukaan atau memperlihatkan ciri-ciri mirip horison argilik, kambik atau oksik, tetapi tidak memenuhi syarat karena tekstur terlalu kasar
8	Andosol	Tanah yang berwarna hitam sampai coklat tua dengan kandungan bahan organik tinggi, remah dan porous, licin (smeary) dan reaksi tanah antara 4.5 – 6.5. Horison bawah-permukaan berwarna coklat sampai coklat kekuningan dan kadang dijumpai pada tipis akibat semenatsi silika. Tanah ini dijumpai pada daerah dengan bahan induk vulkanis mulai dari pinggir pantai sampai 3000 m diatas permukaan laut dengan curah hujan yang tinggi serta suhu rendah pada daerah dataran tinggi
9	Latosol	Tanah yang telah mengalami pelapukan lanjut dengan kandungan bahan organik, mineral primer dan unsur hara rendah,

No	Klasifikasi Tanah	Sifat Tanah
		bereaksi masam (pH 4.5 – 5.5), terjadi akumulasi seskuioksida, tanah berwarna merah, coklat kemerahan hingga coklat kekuningan atau kuning. Tanah terdapat mulai dari daerah pantai hingga 900 m dengan curah hujan antara 2500 – 7000 mm per tahun.
10	Brunizem	Seperti Latosol, tetapi kejenuhan basa lebih dari 50 %
11	Kambisol	Tanah dengan horison kambik, atau epipedon umbrik, atau mollik. Tidak ada gejala-gejala hidromorfik (pengaruh air).
12	Nitosol	Tanah dengan penumbunan liat (horison argilik). Dari horison penimbunan liat maksimum ke horison-horison dibawahnya, kadar liat kurang dari 20 %. Mempunyai sifat ortosik (Kapasitas Tukar Kation kurang dari 24 me/100 gr liat).
13	Podsolik	Merupakan tanah sangat tercuci yang berwarna abu-abu muda sampai kekuningan pada horison permukaan sedang lapisan bawah berwarna merah atau kuning dengan kadar bahan organik dan kejenuhan basa yang rendah serta reaksi tanah yang masam sampai sangat masam (pH 4.2 – 4.8). Pada horison bawah permukaan terjadi akumulasi liat dengan struktur tanah gumpal dengan permeabilitas rendah. Tanah mempunyai bahan induk batu endapan bersilika, napal, batu pasir dan batu liat. Tanah ini dijumpai pada ketinggian antara 50 – 350 m dengan curah hujan antara 2500 – 3500 mm/tahun
14	Mediteran	Tanah yang berkembang dari bahan induk batu kapur dengan kadar bahan organik rendah, kejenuhan basa sedang sampai tinggi, tekstur berat dengan struktur tanah gumpal, reaksi tanah dari agam masam sampai sedikit alkalis (pH 6.0 – 7.5).

No	Klasifikasi Tanah	Sifat Tanah
		Dijumpai pada daerah mulai dari muka laut sampai 400 m pada iklim tropis basah dengan bulan kering nyata dan curah hujan tahunan antara 800 – 2500 mm.
15	Planosol	Tanah dengan horison albik yang terletak di atas horison dengan permeabilitas lambat (misalnya horison argilik atau natrik yang memperlihatkan perubahan tekstur nyata, adanya liat berat atau pragipan, dan memperlihatkan ciri-ciri hidromorfik sekurang-kurangnya pada sebagian dari horison albik
16	Podsol	Tanah dengan bahan organik cukup tinggi yang terdapat diatas lapisan berpasir yang mengalami pencucian dan berwarna kelabu pucat atau terang. Dibawah horison berpasir terdapat horison iluviasi berwarna coklat tua sampai kemerahan akibat adanya iluviasi bahan organik dengan oksida besi dan aluminium. Tanah ini berkembang dari bahan induk endapan yang mengandung silika, batu pasir atau tufa vulkanik masam. Tanah dijumpai mulai dari permukaan laut sampai 2000 m dengan curah hujan 2500 – 3500 mm/tahun.
17	Oksisol	Tanah dengan pelapukan lanjut dan mempunyai horison oksik, yaitu horison dengan kandungan mineral mudah lapuk rendah, fraksi liat dengan aktifitas rendah, Kapasitas Tukar Kation rendah (kurang dari 16me/100 gr liat). Tanah ini juga mempunyai batas-batas horison yang tidak jelas.

Sumber: Dudal dan Suparptoharjo, 1957

Ada beberapa jenis tanah yang dikemukakan oleh Avery, 1980 dan Komisi Kehutanan (Kennedy, 2002) jika dilihat dari sifat fisik dan hidrologinya diantaranya adalah:

1. Tanah Dalam

Jenis tanah ini terdiri atas pasir yang berpori besar yang membantu mempercepat akar mencapai kedalaman tertentu, yang termasuk jenis tanah ini adalah litosol.

2. Tanah Dangkal Batuan

Jenis tanah dimana pada kedalaman kurang dari 1 meter terdapat batuan, namun berdrainase baik. Jika batuan itu berupa batu kapur atau semacam batuan lunak, maka akar masih dapat menembus kedalaman tanah. Termasuk dalam jenis tanah ini adalah rendzina.

3. Tanah Liat Sedang

Jenis tanah ini memiliki kemiripan dengan jenis tanah dalam maupun tanah dangkal tetapi akar tetap dapat berkembang.

4. Tanah Lapisan Kedap

Tanah yang memiliki ukuran partikel besar yang dibatasi lapisan kedap. Tanah ini hanya akan tergenang air pada suatu periode tertentu. Termasuk dalam jenis adalah podsolik.

5. Tanah Dengan Kelembaban Menahan Lapisan Atas

Tanah ini memiliki kandungan air yang cukup sedikit karena tingkat permeabilitas yang rendah sehingga hanya terdapat sedikit akar tanaman yang mampu berkembang untuk mencapai kedalaman tertentu.

6. Tanah Basah Lapisan Bawah

Jenis tanah lempung abu-abu kebiruan yang terjadi di daerah yang memiliki kelembaban tertentu (suhu dingin)

7. Tanah Kaya Organik

Termasuk dalam jenis ini adalah tanah gambut.

Menurut Mitchel dan Jobling (1984) dan Pyatt dkk (2001) menyebutkan bahwa kedalaman akar tanaman akan menyesuaikan jenis tanah berdasarkan sifat-sifat fisik dan hidrologinya. Tabel 2.8 dibawah ini akan menjelaskan kesesuaian antara spesies pohon dan kemungkinan kedalaman berdasarkan jenis tanahnya.

Tabel 2.9. Rentang Kedalaman Akar Tanaman

Species		Soil groups							
Scientific name	Common name	1	2	3	4	5	6	7a	7b
<i>Abies grandis</i>	Grand fir*	**	!		!				*
<i>Abies procera</i>	Noble fir*	**	!	!	!	!	!	*	*
<i>Acer campestre</i>	Field maple	**	**		**	!	!	**	***
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Sycamore	*	**		!	!	!	!	**
<i>Alnus glutinosa</i>	Alder*	**	!		!		!	!	!
<i>Betula pubescens</i>	Downy birch*	*	!		!	!	!	!	!
<i>Carpinus betulus</i>	Hornbeam*	*	!		!			!	***
<i>Castanea sativa</i>	Sweet chestnut*	*	!		**	**	**	!	***
<i>Fagus sylvatica</i>	Beech	**	!		!	!	!	**	***
<i>Fraxinus excelsior</i>	Ash	*	**		**	*	*	!	***
<i>Juglans regia</i>	Walnut*	*	!		**		!	**	***
<i>Larix decidua</i>	European larch		!		!	**	**	!	**
<i>Larix kaempferi</i>	Japanese larch*	**	!	!		!	!	!	*
<i>Malus sylvestris</i>	Apple*		!		!		!	!	*
<i>Picea abies</i>	Norway spruce	*	!		!		!	!	*
<i>Picea sitchensis</i>	Sitka spruce*	*							
<i>Pinus contorta</i>	Lodgepole pine*		!				!		
<i>Pinus nigra</i> var. <i>maritima</i>	Corsican pine		!				!	!	***
<i>Pinus sylvestris</i>	Scots pine*				*	***	***	!	***
<i>Populus alba</i>	White poplar*	**	**		!		!	**	*
<i>Populus tremula</i>	Aspen*	*	!					!	*
<i>Prunus avium</i>	Wild cherry	**	**		!	!	!	!	*
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Douglas fir*	*	**		*	*	*	!	***
<i>Quercus robur</i>	Pedunculate oak*	*			!			!	***
<i>Salix alba</i>	White willow*	**	!	!	!	!		!	!
<i>Thuja plicata</i>	Western red cedar	*	**	!	!			!	*
<i>Tilia cordata</i>	Small leaved lime	!	!		!	!	!	!	***
<i>Tsuga heterophylla</i>	Western hemlock*	*	**		!		!	!	***

* Unlikely if soils are calcareous.

*** Conditions not recommended for growth.

** Not ideal and growth may be impeded

(will vary from site to site).

* Not ideal for growth but some values published.

! Values are conjectural (all others values are from database).

Probable rooting depth range for mature trees



Sumber: Mitchel dan Jobling (1984) dan Pyat,dkk (2001)

2.12 Erosi Kemiringan Lereng

2.12.1 Erosi

Erosi adalah peristiwa hilang atau terkikisnya tanah atau bagian tanah dari suatu tempat yang tersangkut ke tempat lain baik yang disebabkan oleh pergerakan air atau angin (Arsyad, 1983). Faktor-faktor penyebab terjadinya erosi antara lain intensitas hujan, topografi, karakteristik tanah, vegetasi penutup lahan dan tata guna lahan.

2.12.2 Kelas Kemampuan Lahan

Kelas kemampuan lahan yaitu penilaian faktor-faktor yang menentukan daya guna lahan, kemudian mengelompokkan atau menggolongkan penggunaan lahan sesuai klasifikasi kemampuan lahan utamanya yang berhubungan dengan erosi. Kelas kemampuan lahan dapat ditentukan dalam beberapa kriteria, diantaranya adalah:

Tabel 2.10. Kepekaan Terhadap Erosi

Kelas Tanah	Kelompok Jenis Tanah	Kepekaan Terhadap Erosi
1	Aluvial, gleisol dan planosol	Tidak peka
2	Latosol	Agak peka
3	Andosol, grumusol, podsol	Peka
4	Regosol, litosol, organosol dan rendzina	Sangat peka

Sumber: Departemen Kimpraswil

Tabel 2.11. Klasifikasi Kemiringan Lereng Berdasarkan USSSM

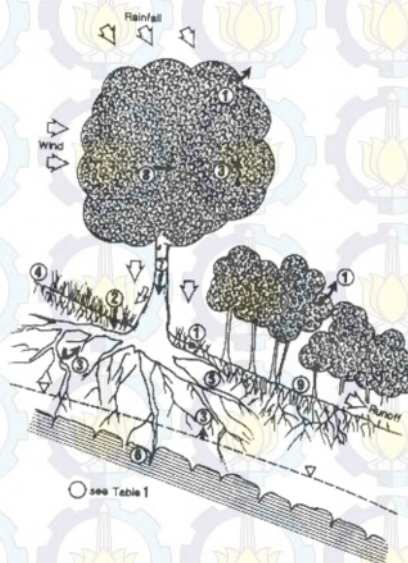
Kelas lereng	Kisaran Lereng (°)	Kisaran Lereng (%)	keterangan
1	< 1	0 - 2	Datar-hampir datar
2	1 - 3	3 - 7	Sangat landai
3	3 - 6	8 - 13	Landai
4	6 - 9	14 - 20	Agak curam
5	9 - 25	21 - 55	Curam
6	25 - 26	56 - 140	Sangat curam
7	> 65	> 140	Terjal

Sumber: United States Soil System Management (USSSM)

2.12.3 Interaksi Antara Lereng dan Vegetasi

Akar tanaman memiliki kemampuan dalam menaikan kuat geser tanah dan mengikat partikel-partikel tanah sehingga tidak mudah terbawa erosi (Greenway, 1987).

Hujan yang ditangkap oleh pohon (daun/*canopy*) dan kemudian air hujan diteruskan ke permukaan tanah oleh tanaman perdu. Air hujan akan meresap dalam tanah sehingga mengurangi *runoff*. Meresapnya air hujan ke dalam tanah akan mengisi lapisan air tanah (*aquifer*) tanah.



Gambar 2.4. Interaksi Lereng Dengan Vegetasi (Greenway, 1987)

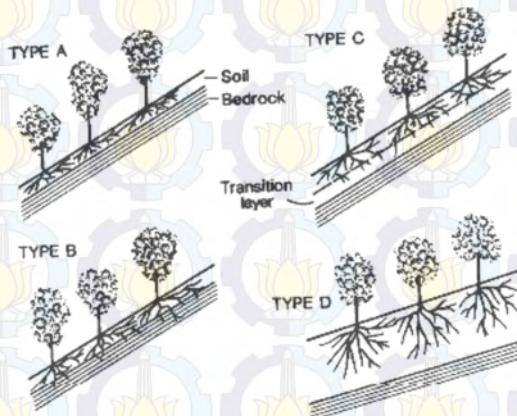
Posisi akar tanaman di lerengan

Menurut Sotir (1984), posisi penetrasi akar di bagi menjadi 4 (empat) bagian sebagai berikut:

- Tipe A, akar tanaman hanya mencapai lapisan top soil tanah, sehingga dapat untuk menanggulangi erosi permukaan
- Tipe B, akar tanaman sudah mencapai tanah asli sehingga penjangkaran akar cukup kuat untuk mencegah erosi permukaan dan longsor dangkal.
- Tipe C, akar tanaman menembus dua lapisan tanah, sehingga efek pengankuran akar lebih efektif.
- Tipe D, hampir mirip dengan tipe A tapi beda ketebalan dari top soilnya. Tipe D lebih tebal daripada tipe A

Tipe – tipe tersebut sangat tergantung dari jenis tanaman, jenis akar, jenis lapis – lapisan tanah.

Untuk mengetahui lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut ini:



Gambar 2.5. Penetrasi Akar Pada Lapisan Tanah (Sotir dkk, 1984)

2.13 Perubahan Tata Guna Lahan (Land Use Change)

Perubahan tata guna lahan merupakan berubahnya fungsi penggunaan lahan dari suatu wilayah yang sesuai kegunaannya pada awalnya berubah alih menjadi fungsi lain dalam kurun waktu yang berbeda (wahyunto dkk., 2001). Perubahan fungsi tutupan lahan dari kawasan konservasi (lahan hijau) menjadi kawasan terbangun (permukiman) akan berdampak pada menurunnya kondisi lingkungan sehingga akan menyebabkan besarnya laju erosi pada wilayah hulu (Sudarto, 2009). Pergeseran fungsi lahan pertanian dan tegalan atau kawasan hutan menjadi perumahan, industri serta kegiatan usaha non pertanian lainnya akan berdampak pada ekosistem alami setempat. Dalam menganalisa perubahan tata guna lahan suatu kawasan perlu diperhatikan nilai koefisien aliran permukaan (C) yang akan berpengaruh terhadap infiltrasi tanah dan perkolasi.

Menurut Chow (1988) nilai koefisien aliran permukaan (C) berkisar antara 0 -1 ($0 \leq C \leq 1$). Jika suatu DAS terdiri dari berbagai macam penggunaan lahan, maka nilai koefisien aliran permukaan (C) akan beragam. Untuk menganalisa nilai koefisien aliran permukaan (C) suatu DAS, maka dapat digunakan persamaan (Suripin, 2004, hal. 81) :

$$CDAS = \frac{A_1.C_1 + A_2.C_2 + + A_n.C_n}{A_1 + A_2 + + A_n} \quad (2.25)$$

Dengan:

C_{DAS} = koefisien aliran permukaan DAS

C_i = koefisien aliran permukaan jenis penutup lahan i,

A_i = luas penutup lahan dengan jenis penutup lahan i,

n = jumlah jenis penutup lahan.

Nilai koefisien (C) beserta penggunaanya pada tata guna lahan disajikan pada tabel 2.12. berikut:

Tabel 2.12. Koefisien Aliran Permukaan Berdasar Penggunaanya

Tata Guna Lahan	C	Tata Guna Lahan	C
Perkantoran		Tanah pertanian, 0 - 30%	
Daerah pusat kota	0,70 - 0,95	Tanah kosong	
Daerah sekitar kota	0,50 - 0,70	Rata	0,30 - 0,60
Perumahan		Kasar	0,20 - 0,50
Rumah tunggal	0,30 - 0,50	Ladang garapan	
Rumah susun, terpisah	0,40 - 0,60	Tanah berat, tanpa vegetasi	0,30 - 0,60
Rumah susun, bersambung	0,65 - 0,70	Tanah berat, dengan vegetasi	0,20 - 0,50
Pinggiran kota	0,25 - 0,40	Berpasir, tanpa vegetasi	0,20 - 0,25
Daerah industri		Berpasir, dengan vegetasi	0,10 - 0,25
Kurang padat	0,50 - 0,80	Padang rumput	
Padat	0,60 - 0,90	Tanah berat	0,15 - 0,45
Taman, Kuburan	0,10 - 0,25	Berpasir	0,05 - 0,25
Tempat bermain	0,20 - 0,35	Hutan/ bervegetasi	0,05 - 0,25
Daerah stasiun KA	0,20 - 0,40	Tanah tidak produktif, > 30 %	
Daerah tak berkembang	0,10 - 0,30	Rata, kedap air	0,70 - 0,90
Daerah beratap	0,75 - 0,95	Kasar	0,50 - 0,70

Sumber: U.S. Forest Service (1980) dalam Asdak, C (2004)

2.14 Konservasi Sumber Daya Air

2.14.1 Metode Vegetatif

1. Vegetasi Untuk Konservasi Hutan

Metode vegetatif adalah penggunaan tanaman atau tumbuhan dan sisa-sisanya untuk mengurangi daya rusak hujan yang jatuh, mengurangi jumlah dan daya rusak aliran permukaan dan erosi.

Dalam konservasi dengan metode vegetatif diperoleh beberapa fungsi antara lain (Arsyad, 1989: 113) :

1. Melindungi tanah terhadap daya perusak butir-butir hujan yang jatuh
2. Melindungi tanah terhadap daya perusak aliran air di atas permukaan tanah
3. Memperbaiki kapasitas infiltrasi tanah dan penahanan air yang langsung memepengaruhi besarnya aliran permukaan.
4. Melindungi tanah terhadap daya perusak butir-butir hujan yang jatuh
5. Melindungi tanah terhadap daya perusak aliran air di atas permukaan tanah
6. Memperbaiki kapasitas infiltrasi tanah dan penahanan air yang langsung memepengaruhi besarnya aliran permukaan.

Dalam analisa konservasi vegetasi faktor simpanan lengas tanah (soil water storage) atau disingkat SWS sangat mempengaruhi dalam ketersediaan air dalam tanah. Simpanan lengas tanah adalah jumlah total air yang tersimpan pada perakaran tanaman. Tekstur dan struktur tanah, serta kedalaman perakaran tanaman akan menentukan besarnya SWS. Semakin dalam perakaran tanaman, berarti semakin banyak air yang dapat disimpan dalam tanah dan semakin besar pula cadangan air tersedia bagi tanaman selama periode tertentu. Untuk menentukan berapa besar SWS, maka perlu diketahui:

- a. Kedalaman efektif perakaran tanaman (Rooting Depth) seperti yang dijelaskan pada Tabel 2.13 berikut.

Tabel 2.13. Kedalaman Efektif Perakaran Tanaman Dewasa

Shallow 0.45 m (1.5 feet)	Medium Shallow 0.60 m (2 feet)	Medium Deep 0.90 m (3 feet)	Deep 1.20 m (4 feet)
Cabbages Cauliflower Cucumbers Lettuce Onions Radishes Turnips	Beans Beets Blueberries Broccoli Carrots Celery Potatoes Peas Strawberries Tomatoes Tree Fruits (spacing 1m x 3m)	Brussels Sprouts Corn (sweet) Eggplant Kiwifruit Peppers Squash Saskatoons Tree Fruits (spacing 2m x 4m)	Asparagus Blackberries Grapes Loganberries Raspberries Sugar Beets Tree Fruits (spacing 4m x 6m)

Sumber : Ministry of Agriculture, Food and Fisheries British Columbia (2002)

- b. Kapasitas simpanan air tersedia (Available Water Storage Capacities) seperti yang dijelaskan pada tabel 2.14 berikut.

Tabel 2.14. Kapasitas Simpanan Air Tersedia

Tekstur Tanah	Kapasitas Simpanan Air Tersedia (AWSC)		
	(in. water / in. soil)	(in. water / ft. soil)	(mm water / m soil)
Tanah Liat	0.21	2.5	200
Lempung liat	0.21	2.5	200
Lumpur lempung	0.21	2.5	208
Lempung liat	0.20	2.4	200
lempung	0.18	2.1	175
Lempung berpasir baik	0.14	1.7	142
Lempung berpasir	0.12	1.5	125
Pasir liat	0.10	1.2	100
Pasir	0.08	1.0	83

Sumber : Ministry of Agriculture, Food and Fisheries British Columbia (2002)

Dalam menentukan besarnya nilai simpanan lengas tanah (soil water storage) dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$SWS = RD \times AWSC \quad (2.26)$$

Dengan:

SWS = Simpanan lengas tanah (mm),

RD = Kedalaman efektif perakaran tanaman dalam (m),

AWSC = Kapasitas Simpanan Air Tersedia (mm/m).

Berikut ini merupakan beberapa jenis tanaman (vegetasi) yang memiliki nilai ekonomi dan juga berperan dalam upaya konservasi sumber daya air, antara lain adalah:

a. Gaharu (*Aquilaria Malaccensis*)

Gaharu adalah resin yang diperoleh dari hasil infeksi mikroba pada pohon dari famili *Thymeleacea*, *Leguminosae* dan *Euforbiaceae*. Di Indonesia terdapat 16 jenis pohon yang dapat menghasilkan gaharu diantaranya 6 jenis tumbuh di wilayah Maluku (Sumarna, 2002 dalam Manuhuwa, 2009). Diantara 6 jenis tersebut, terdapat 3 (tiga) jenis yang berkualitas baik yaitu *Aquilaria malaccensis*, *Aquilaria filarial* dan *Aetoxylon sympethallum*. Kayu gaharu bermanfaat sebagai wewangian maupun obat-obatan. Jenis yang dikategorikan berkualitas tersebut menghasilkan resin dengan aroma yang khas. Karena permintaan yang meningkat di pasar internasional menyebabkan harga jual kayu gaharu menjadi tinggi. Hal ini menunjukkan kayu gaharu memiliki nilai ekonomis yang tinggi.

Selain sebagai komoditas ekonomi potensial, menurut Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) kayu gaharu merupakan tanaman prioritas sebagai acuan konservasi. Menurut menurut Sumara (2002) dalam Susanti (2006) Persyaratan dalam pengembangan tanaman gaharu agar diperoleh hasil maksimal diantaranya adalah:

1. Topografi

- Ketinggian 0-2400 m dpl.

2. Keadaan iklim

- Kelembaban antara 60-80%.
- Suhu antara 28°C - 34°C
- Curah hujan 1000-2000 mm/tahun

3. Keadaan tanah

- Tumbuh pada tekstur tanah subur, sedang maupun ekstrim.

- Tekstur tanah lempung dan liat berpasir
- Solum yang dalam

4. Kondisi lingkungan

- Kayu gaharu dapat tumbuh pada hutan rawa, hutan gambut, hutan dataran rendah dan hutan pegunungan.
- Mampu beradaptasi pada kemiringan lereng antara 8%-140% (Crow, 2005)



Gambar 2.6. Pohon Gaharu

b. Beringin Putih (*Ficus Benjamina* Var *Varigata*)

Beringin Putih (*Ficus Benjamina* Var *Varigata*) merupakan salah satu jenis *ficus* spp merupakan famili dari Moraceae (suku nangka-nangkaan) dengan ciri-ciri pohon yang besar, kanopi lebar, cabang dan batangnya mengeluarkan getah berwarna putih. Beringin putih memiliki akar gantung berasal dari cabangnya yang dapat menjulur hingga ke tanah, ketika mencapai tanah akar tersebut dapat berfungsi sebagai penopang cabangnya. Tanaman ini berkembang biak secara generatif dan menggugurkan daunnya saat musim kemarau (Swestiani D. dan A. Sudomo, 2009). Banyak keuntungan yang diperoleh dari jenis tanaman ini baik yang bersifat tangible (langsung) dan intangibl (tidak langsung).

• Manfaat Tangible.

Keuntungan yang diperoleh secara tangible diantaranya adalah pohonya dapat dimanfaatkan sebagai kayu sedangkan akar dan daunnya bermanfaat sebagai komoditi biofarmaka atau obat-obatan (Dalimartha S, 2005) untuk berbagai

macam penyakit seperti pilek, demam tinggi, influenza, bronkitis, malaria, kejang panas pada anak, disentri dan lain-lain (www.AsianBrain.com).

- Manfaat Intangible

Jika ditinjau dilihat dari manfaat intangible, maka beringin putih (*Ficus Benjamina* Var *Varigata*) merupakan salah satu tanaman konservasi tanah karena memiliki nilai hidrologis. Jenis tanaman ini memiliki struktur perakaran yang dalam dan kuat serta lateral yang mencengkeram tanah dengan baik sehingga berperan besar dalam pengaturan tata air (Ulum, S. 2009).

Ciri-ciri pertumbuhan beringin putih (*Ficus Benjamina* Var *Varigata*):

1. Topografi
 - Ketinggian 0-1400 m dpl (Sastrapradja dan Afriastini, 1984)
2. Keadaan iklim
 - Suhu antara 10°C - 37°C (Jimenez, 2007)
 - Curah hujan 1250-2000 mm/tahun (Koeppen dan Trewartha, 1943)
3. Keadaan tanah
 - Dapat tumbuh pada semua jenis tanah
4. Kondisi lingkungan
 - Mampu beradaptasi pada kemiringan lereng antara 0% - 55%
 - Mengurangi tingkat erosi dan kelongsoran tanah



Gambar 2.7. Beringin Putih (www.indonetnetwork.co.id)

c. Bambu (*Melocanna Bambusoides*)

Bambu merupakan keluarga rumput-rumputan dan merupakan tumbuhan terbesar dari jenis ini (Lopez dan Shanley, 2004). Tanaman bambu mudah ditanam serta memiliki pertumbuhan yang sangat cepat, tidak membutuhkan perawatan khusus dan dapat pada semua jenis tanah.

Sistem perakaran bambu adalah perakaran serabut dengan akar rimpang yang sangat kuat (perakaran dalam), meskipun berakar serabut tetapi kuat terhadap hempasan angin kencang. Perakarannya tumbuh sangat rapat dan menyebar ke segala arah, serta memiliki struktur yang unik karena terkait secara horizontal dan vertikal, sehingga tidak mudah putus dan mampu berdiri kokoh untuk menahan erosi dan tanah longsor di sekitarnya, disamping itu lahan di bawah tegakan bambu menjadi sangat stabil dan mudah meresapkan air. Dengan karakteristik perakaran seperti itu, memungkinkan tanaman ini menjaga sistem hidrologis yang menjaga ekosistem tanah dan air, sehingga dapat dipergunakan sebagai tanaman konservasi (Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar Kementerian Pertanian, 2012). Bambu memiliki kemampuan menyerap air hingga 90 % jika dibandingkan pepohonan yang rata-rata menyerap 35 % - 40 % air (Smith, 2002). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar Kementerian Pertanian bahwa perkembangbiakan bambu dapat beradaptasi pada beberapa hal diantaranya adalah:

1. Topografi
 - Ketinggian 0-1500 m dpl.
2. Keadaan iklim
 - Kelembaban antara \pm 80% namun bisa bertahan pada kelembaban yang rendah
 - Suhu antara 15°C - 41°C
 - Curah hujan 1000-3000 mm/tahun

3. Keadaan tanah

- Dapat tumbuh pada semua jenis tanah terutama pada tekstur berpasir sampai berlempung
- Berdrainase baik
- pH tanah antara 5,6 – 6,5

4. Kondisi lingkungan

- Mampu beradaptasi pada kemiringan lereng antara 0% - 55%



Gambar 2.8. Pohon Bambu (Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar Kementerian Pertanian, 2012)

2. Vegetasi Tanaman Tumpangsari

Tanaman Porang (*Amorphophallus*)

Untuk meningkatkan pendapatan masyarakat di sekitar daerah konservasi agar tidak hanya bergantung pada hasil vegetasi konservasi yang rata-rata memiliki umur panen yang panjang, maka perlu dibudidayakan tanaman yang memiliki periode vegetasi pendek dan nilai ekonomis tinggi, salah satunya adalah tanaman porang.

Porang (*Amorphophallus*) merupakan jenis umbi-umbian yang memiliki masa tanam antara 5-6 bulan (Koswara, S). Selain memiliki nilai ekonomi, porang juga berperan dalam membantu konservasi hutan walaupun kecil. Akar porang akan membantu dalam proses infiltrasi dan juga mengurangi erosi, dimana akar akan mengikat dan menahan partikel tanah sehingga tidak terangkut bersama

aliran air permukaan (Gray, 1994). Semakin tinggi tingkat kerapatan tanaman, maka laju erosi semakin kecil. Porang memiliki manfaat ekonomi seperti sebagai obat bagi penderita maag, tepung sebagai bahan pembuat kue, farmasi, kertas, tekstil, karet, cat, kosmetik, plastik “film coating”, bahan toilet maupun pemurnian mineral dan penjernihan air.

Tepung yang dihasilkan oleh tanaman porang (*Amorphophallus*) sangat digemari warga Jepang, Korea Selatan, Taiwan, Singapura. Hal ini merupakan peluang bisnis bagi petani kita untuk ekspor sehingga dapat meningkatkan pendapatannya.

Cara penanaman porang dapat dilakukan di sela tanaman keras atau biasa disebut dengan sistem tumpang. Dengan demikian petani tidak perlu menunggu lama dari hasil panen tanaman prioritas konservasi.

Untuk memperoleh hasil maksimal, maka perlu diperhatikan syarat tumbuh bagi tanaman porang (Pusat Penelitian dan Pengembangan Porang Indonesia Universitas Brawijaya, 2013) diantaranya:

1. Penanaman porang sebaiknya dilakukan antara bulan November – Desember.
2. Topografi
 - Ketinggian 100 - 900 m dpl (Alifianto dkk, 2013)
3. Keadaan iklim
 - Intensitas cahaya 60-70%.
 - Suhu antara 25°C - 35°C
4. Keadaan tanah
 - Tanah yang baik adalah gembur.
 - Tanah dengan tekstur lempung berpasir dan bebas dari alang-alang.
 - Derajat keasaman yang ideal antara pH 6-7.
5. Kondisi lingkungan
 - Tanaman naungan yang ideal antara lain: jati, mahoni sono dan lain-lain.
 - Tingkat kerapatan tanaman naungan minimal 40% dan maksimal 60%.

- Tanaman porang mampu tumbuh pada kemiringan lereng antara 8%-140% (Crow, 2005)



Gambar 2.9. Tanaman Porang (Pusat Penelitian Dan Pengembangan Porang Indonesia , 2013)

2.14.2 Metode Mekanik

Kombinasi Pemanen Air Hujan (*Rain Water Harvesting*) Dengan Sumur Resapan.

Metode mekanik memiliki prinsip mengurangi banyaknya tanah yang hilang akibat erosi, sedangkan prinsip konservasi air adalah memanfaatkan air hujan yang jatuh ke tanah seefisien mungkin, mengendalikan kelebihan air di musim hujan dan menyediakan air yang cukup di musim kemarau. Konservasi mekanis memiliki fungsi:

- Memperlambat aliran permukaan.
- Menampung dan mengalirkan aliran permukaan sehingga tidak merusak.
- Memperbesar kapasitas infiltrasi air kedalam tanah dan memperbaiki aerasi tanah.
- Menyediakan air bagi tanaman.

Dalam implementasinya terhadap pemenuhan kebutuhan air digunakan teknik pemanen air hujan dengan atap bangunan (*roof top rain water harvesting*). Prinsip pemanen air hujan sesuai dengan namanya yaitu memanfaatkan atap bangunan sebagai daerah tangkapan air (*catchment area*) dimana air hujan yang jatuh diatas atap kemudian disalurkan melalui talang untuk selanjutnya dikumpulkan dan

ditampung kedalam tangki atau bak penampung air hujan (reservoir). Jika terjadi kelebihan air pada bak penampung, maka air tersebut dialirkan ke sumur resapan dengan tujuan agar air dapat meresap ke tanah sehingga tersimpan cadangan air. Teknik pemanen air hujan ini umumnya dilakukan untuk daerah permukiman. Menurut Heryani (2009) dalam tulisanya yang berjudul *Salah Satu Alternatif Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Domestik* dijelaskan bahwa untuk mengetahui besarnya potensi air yang diperoleh dari suatu bangunan atap dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

Jumlah air hujan yang dapat dipanen

$$Q = A \times P \times C \quad (2.27)$$

Dengan:

Q = volume air yang tertampung (m³)

A = luas area tangkapan (m²)

P = curah hujan (mm)

C = koefisien run off (diasumsikan sebesar 80% air hujan yang dapat ditampung)



Gambar 2.10. Kombinasi Pemanen Air Hujan Dengan Sumur Resapan

2.15 Aspek Finansial

Aspek finansial merupakan suatu aspek yang mempertimbangkan beberapa faktor diantaranya:

- Modal awal
- Pengeluaran biaya investasi , dimana biaya investasi dihitung dari total rencana anggaran biaya (RAB)
- Biaya perawatan
- Keuntungan finansial (keuangan)

BAB 3

METODA PENELITIAN

3.1 Pola Pikir Pelaksanaan Studi

Tesis ini merupakan suatu penelitian kuantitatif, berupa analisa terhadap kondisi saat ini dan ketersediaan air di sub daerah aliran Sungai Brantas hulu wilayah Kota Batu. Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam penelitian ini adalah meliputi berbagai kegiatan antara lain survey lapangan, pengumpulan data-data (primer dan sekunder) serta informasi dari instansi terkait maupun masyarakat guna mendukung perencanaan dan perhitungan, sehingga tahapan-tahapan yang dilaksanakan dalam perencanaan suatu evaluasi dapat diketahui dengan jelas. Selanjutnya data tersebut dianalisis dan disusun secara sistematis.

3.2 Pengumpulan Data

Dalam melakukan penelitian ini pengumpulan data harus diusahakan sekomprehensif mungkin untuk mendapatkan gambaran yang lengkap mengenai permasalahan yang akan dibahas. Data yang dibutuhkan antara lain :

a. Data Primer

Data primer merupakan hasil pengamatan dan peninjauan lapangan dengan wawancara kepada penduduk atau pihak terkait.

b. Data Sekunder

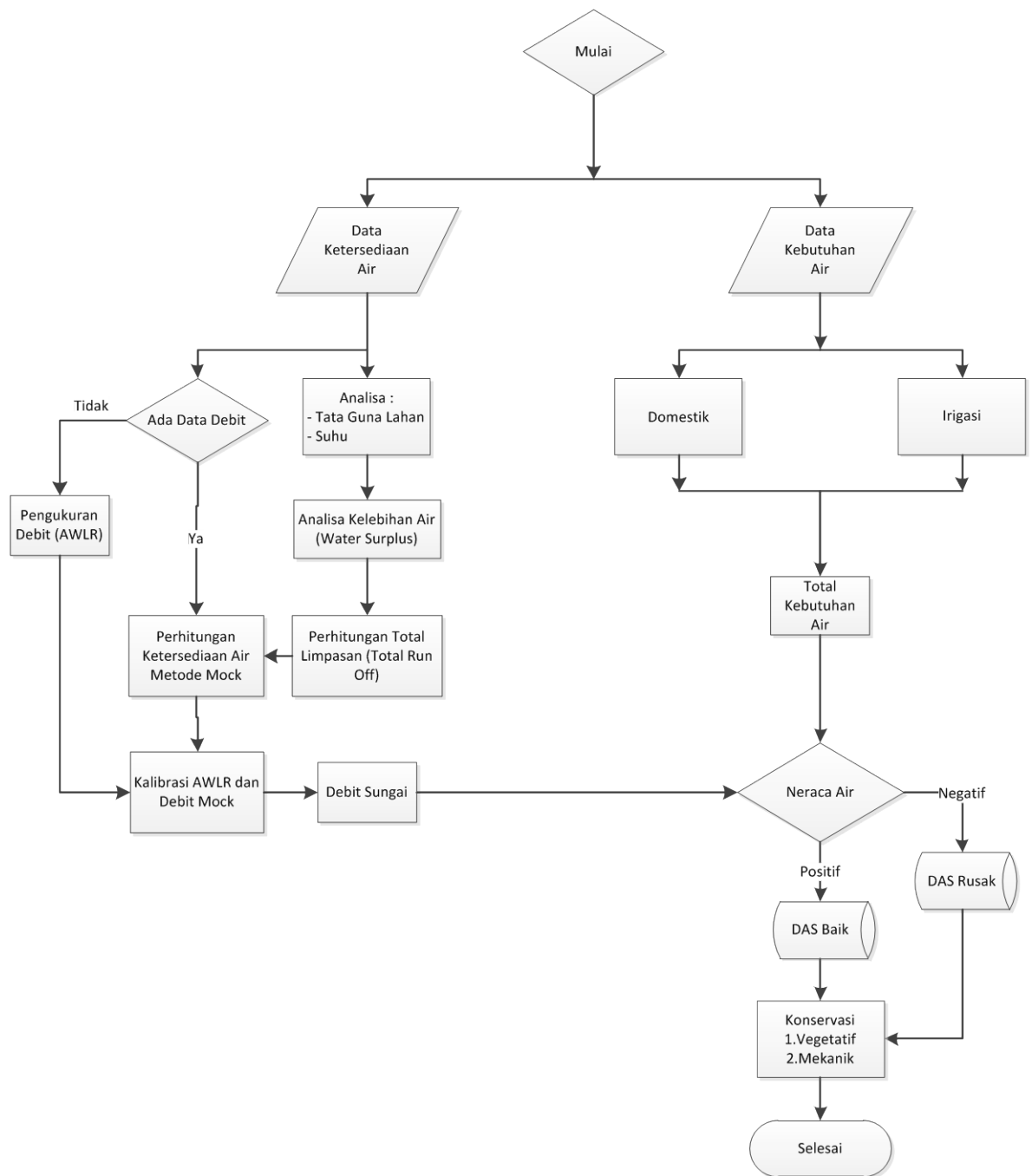
Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari instansi yang terkait, antara lain Balai Besar Wilayah Sungai Brantas, Dinas Pengairan dan Bina Marga Kota Batu, Badan Lingkungan Hidup Kota Batu, Badan Metereologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Karangploso Malang, Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Batu dan Dinas Pertanian dan Kehutanan Kota Batu. Data sekunder yang dibutuhkan dalam mendukung data primer meliputi :

- Peta Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas dan lokasi hidroklimatologi yang bersumber dari Balai Besar Wiayah Sungai Brantas (BBWS

Brantas). Dari peta ini dapat diketahui luas DAS, letak stasiun hujan, klimatologi serta jaringan sungai dan anak sungai.

- Peta tata guna lahan Kota Batu. Peta ini digunakan untuk mengetahui perubahan penggunaan lahan dalam beberapa tahun terakhir, khususnya perubahan hutan konservasi menjadi permukiman penduduk maupun lahan pertanian di sub daerah aliran Sungai Brantas hulu Kota Batu.
- Peta hidrogeologi. Peta ini berfungsi untuk mengetahui daerah tangkapan sumber air.
- Data debit air Sungai Brantas Kota Batu untuk mengetahui fluktuasi debit air yang terjadi selama kurun waktu tertentu.
- Data Curah hujan dari tahun 1990 sampai tahun 2011 yang bersumber dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Karangploso Malang yang digunakan untuk analisis hidrologi. Data hujan yang dikumpulkan berupa data hujan harian. Dari data harian ini kemudian ditransfer ke data hujan setengah bulanan dan data bulanan.
- Data Klimatologi yang terdiri dari data suhu, kecepatan angin, kelembaban relatif, dan lama penyinaran matahari dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Karangploso Malang. Data ini digunakan untuk menghitung besarnya evapotranspirasi (ET_o). Data evapotranspirasi merupakan data masukan dalam model hujan aliran dan data masukan dalam analisis kebutuhan air tanaman.
- Data jumlah penduduk, irigasi, ternak, industri dan sarana prasarana sosial dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Batu. Data ini digunakan untuk menghitung kebutuhan total air di wilayah tersebut dalam rangka pemenuhan kebutuhan air.
- Data jenis dan kemiringan lahan. Data ini berfungsi untuk mengetahui nilai koefisien infiltrasi yang berpengaruh terhadap penyimpanan air tanah (Ground Water Storage).
- Peta jenis tanah dan sebarannya.

Sistematika metodologi penulisan tesis disajikan dalam bagan alur penelitian sebagai berikut :



Gambar 3.1 Bagan Alur Penelitian (Hasil penelitian)

3.3 Langkah Pengerjaan Studi

3.3.1 Analisis Hidrologi

Untuk melakukan analisis hidrologi, maka diambil beberapa stasiun terdekat yang dianggap berpengaruh terhadap Sub DAS Brantas hulu. Dalam menentukan perkiraan banjir yang terjadi pada suatu penampang sungai, maka kedalaman hujan yang terjadi harus diketahui pula. Dalam hal ini adalah besaran hujan yang terjadi di seluruh sub DAS yang menjadi daerah studi. Jadi tidak hanya besaran hujan yang terjadi di stasiun penakar hujan. Metode yang digunakan dalam menentukan debit limpasan dengan Mock.

a. Cara Poligon Thiessen

Pada metode Thiessen dianggap bahwa data curah hujan dari suatu tempat pengamatan dapat dipakai untuk daerah pengaliran di sekitar tempat itu. Metode perhitungan dengan membuat poligon yang memotong tegak lurus pada tengah-tengah garis penghubung dua stasiun hujan. Dengan demikian tiap stasiun penakar R_n akan terletak pada suatu wilayah poligon tertutup A_n . Diasumsikan bahwa variasi hujan antara pos yang satu dengan yang lainnya adalah linier dan bahwa sembarang pos dianggap mewakili kawasan terdekat.

Perbandingan luas poligon untuk setiap stasiun yang besarnya A_n/A .

Thiessen memberi rumusan sebagai berikut:

$$R = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 + \dots + A_n \cdot R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (3.1)$$

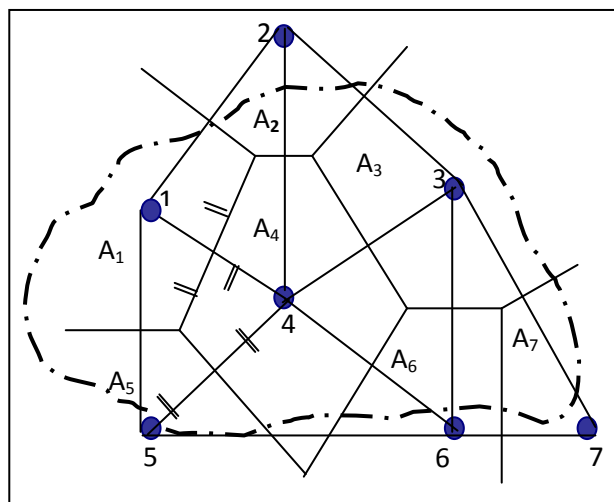
dimana:

- R : Curah hujan daerah rata-rata
 R_1, R_2, \dots, R_n : Curah hujan di tiap titik pos curah hujan
 A_1, A_2, \dots, A_n : Luas daerah Thiessen yang mewakili titik pos curah hujan
 n : Jumlah pos curah hujan

Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Stasiun-stasiun hujan terdekat dihubungkan sehingga satu sama lain terbentuk beberapa segitiga.
2. Dari setiap segitiga ditarik sumbu yang tepat di tengah sisinya dan memotong tegak lurus.

3. Daerah pengaruh hujan masing-masing stasiun hujan dibatasi sumbu segitiga yang membentuk segi banyak. Segi banyak ini yang disebut poligon thiessen.
4. Tiap-tiap segi banyak thiessen tersebut dihitung luasnya sehingga terdapat luas daerah pengaruh tiap-tiap stasiun hujan.
5. Prosentase luas pengaruh tiap stasiun total didapat dari luas daerah stasiun tersebut dibagi luas total daerah aliran sungai (DAS).
6. Curah hujan maksimum daerah tahunan tiap stasiun didapat dari hasil perkalian prosentase luas daerah dengan curah hujan.



Gambar 3.2 Metode Poligon Thiessen (Soemarto,1999)

Untuk mendapatkan curah hujan maksimum daerah pada suatu daerah aliran adalah sebagai berikut :

- Menjumlahkan curah hujan yang didapat dari metode poligon thiessen pada hari yang sama untuk semua stasiun pengamatan.
- Dari hasil penjumlahan curah hujan maksimum daerah tahunan tersebut pilih yang tertinggi untuk setiap tahunnya.

b. Evapotranspirasi

Setelah menganalisa hidrologi, pada langkah selanjutnya yaitu menghitung evapotranspirasi di sub DAS Brantas hulu. Data yang dibutuhkan dalam menganalisa evapotranspirasi yaitu memasukkan data eksisting temperatur dari stasiun penakaran hujan serta data klimatologi. Evapotranspirasi yang

digunakan adalah Evapotranspirasi Potensial (ET_o), dimana sangat dipengaruhi oleh permukaan lahan terbuka. Evapotranspirasi potensial adalah kemampuan atmosfer untuk menghapus air dari permukaan melalui proses evapotranspirasi.

Evapotranspirasi terbatas adalah evapotranspirasi aktual dengan mempertimbangkan kondisi vegetasi dan permukaan tanah serta curah hujan. EP lebih dipengaruhi oleh faktor-faktor meteorologi. Faktor dominan yang mempengaruhi ET_o adalah radiasi matahari, suhu, kelembaban atmosfer, kecepatan angin, secara umum besarnya ET_o akan meningkat ketika suhu, radiasi matahari, kelembaban udara dan kecepatan angin bertambah besar. Perhitungan evapotranspirasi potensial pada penelitian ini menggunakan metode *Thornthwaite* disebabkan data yang tersedia hanya suhu rata-rata bulanan dalam setahun. Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Menghitung indeks panas tahunan (I) untuk seluruh bulan dan hasilnya dijumlahkan selama setahun.
2. Menghitung nilai a berdasar nilai I yang diperoleh.
3. Jika telah didapat nilai a dan I dilanjutkan menghitung nilai temperatur bulanan rerata (T_m)
4. Menghitung evapotranspirasi potensial bulanan (ET_{o_{bulanan}})

c. Ketersediaan Air

Ketersediaan air dalam penelitian ini akan mengacu pada limpasan air permukaan dan limpasan air tanah. Air tanah dibedakan menjadi tiga yaitu aliran tanah dangkal, aliran tanah antara dan aliran dasar (base flow). Aliran dasar inilah yang akan mengisi sistem jaringan sungai. Hal ini dapat dilihat pada saat musim kemarau, ketika hujan tidak turun untuk beberapa waktu aliran pada sungai tetap mengalir secara kontinyu. Limpasan air permukaan berasal dari curah hujan baik harian, bulanan maupun tahunan, sedangkan aliran tanah antara berasal dari faktor tata guna lahan di daerah DAS khususnya vegetasi. Sebagian air yang tersimpan sebagai air tanah (groundwater) yang akan keluar ke permukaan tanah sebagai limpasan, yakni limpasan permukaan (surface runoff), aliran intra (interflow) dan limpasan air tanah (groundwater runoff) yang terkumpul di sungai.

Untuk menghitung ketersediaan air di sub DAS Brantas hulu, dilakukan perhitungan limpasan air permukaan (surface runoff) dan limpasan air bawah tanah (ground water) menggunakan metode Mock. Data-data yang dijadikan sebagai inputnya antara lain : jumlah curah hujan bulanan, nilai Eto, nilai soil moist storage 200 mm jika curah hujan > 200 mm dan merupakan nilai curah hujan jika besar curah hujan < 200, koefisien infiltrasi, nilai K = 0,6. Setelah semua data dimasukan, maka perhitungan di lanjutkan dengan menganalisa ketersediaan air yang hasil perhitungannya merupakan debit ketersediaan air pada DAS.

Setelah ketersediaan air debit / limpasan permukaan diperoleh dari perhitungan Mock, maka sebelum melanjutkan perhitungan, terlebih dahulu, debit hasil hitungan Mock perlu dikalibrasikan dengan debit Kali Brantas kondisi nyata yang merupakan hasil pengukuran dilapangan atau debit nyata. Hal ini perlu dilakukan agar debit perhitungan sebisa mungkin dapat menyerupai atau mendekati kondisi nyata.

d. Kebutuhan Air

Untuk mengetahui besar kebutuhan air, maka terlebih dahulu harus diketahui jumlah penduduk yang ada pada kota yang akan di analisa dan juga besar pertumbuhan penduduk pada kota tersebut sebagai acuan proyeksi jumlah penduduk untuk tahun yang akan datang. Dari data tersebut kemudian dihitung tingkat pertumbuhan tiap tahunnya dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_n = P_o (1 + r)^n$$

Dengan :

P_n = Jumlah penduduk tahun ke n

P_o = Tahun awal perhitungan

n = Selisih tahun, ($P_n - P_o$)

r = Pertumbuhan penduduk

Setelah diketahui jumlah proyeksi penduduk dimasa yang akan datang, maka analisa dilanjutkan dengan terlebih dahulu mencari jumlah pemakaian air yang

digunakan oleh penduduk. Dalam penelitian ini hanya menganalisa kebutuhan untuk air bersih dengan skenario 150 ltr/org/hari, 175 ltr/org/hari dan 200 ltr/org/hari. Kemudian kebutuhan tersebut dikalikan dengan jumlah penduduk pada tahun-tahun yang telah diproyeksi dalam kota tersebut dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_{\text{kebutuhan}} = P_n \cdot Q^*$$

Keterangan :

Q_{keb} = Debit air kebutuhan kota tersebut (m³/dtk)

P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke n

Q^* = (150 / 175 / 200) ltr/org/hari.

Jika telah diketahui besarnya kebutuhan air bersih penduduk, maka pada langkah selanjutnya yaitu memperhitungkan besaran kebutuhan air domestik untuk ternak. Kebutuhan air masing-masing ternak tergantung dari jenis dan konsumsi rata-rata ternak seperti yang tercantum pada tabel 2.6. untuk mengetahui besarnya kebutuhan air untuk ternak dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{\text{kebutuhan}} = P_n \cdot Q$$

Keterangan :

Q_{keb} = Debit air kebutuhan ternak kota tersebut (m³/dtk)

P_n = Jumlah hewan ternak pada tahun ke n
(sapi/kerbau/kuda/kambing/domba/unggas)

Q^* = (40 / 5 / 6 / 0,6) ltr/kap/hari.

Kebutuhan domestik selanjutnya yang perlu diperhitungkan yaitu kebutuhan air untuk kran umum (hidran). Faktor yang mempengaruhi yaitu tingkat pelayanan, jumlah yang terlayani serta konsumsi air kran umum rata-rata per harinya. Untuk jumlah kebutuhan air untuk kran umum, maka dapat menggunakan persamaan:

$$Q_{\text{kebutuhan}} = P_n \cdot L \cdot S \cdot Q^*$$

Keterangan :

Q_{keb} = Debit air kebutuhan kota tersebut (m³/dtk)

P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke n

L = Tingkat pelayanan (%)

S = Jumlah jiwa terlayani (jiwa)

Q^* = (30) ltr/org/hari.

Besarnya kebutuhan air tidak hanya dari kebutuhan domestik, namun kebutuhan non domestik juga harus diperhitungkan. Dalam analisa kebutuhan non domestik pada penelitian ini memperhitungkan beberapa kebutuhan air seperti:

a. Kebutuhan air perkantoran

$$Q_{\text{kebutuhan}} = P_n \cdot Q^*$$

Keterangan :

Q_{keb} = Debit air kebutuhan perkantoran kota tersebut (m^3/dtk)

P_n = Jumlah pegawai pada tahun ke n

Q^* = (10) ltr/org/hari.

b. Kebutuhan air rumah sakit

$$Q_{\text{kebutuhan}} = P_n \cdot Q^*$$

Keterangan :

Q_{keb} = Debit air kebutuhan rumah sakit kota tersebut (m^3/dtk)

P_n = Jumlah unit pada tahun ke n

Q^* = (5000) ltr/unit/hari.

c. Kebutuhan air hotel (penginapan)

$$Q_{\text{kebutuhan}} = P_n \cdot Q^*$$

Keterangan :

Q_{keb} = Debit air kebutuhan hotel kota tersebut (m^3/dtk)

P_n = Jumlah bed (tempat tidur) pada tahun ke n

Q^* = (200) ltr/bed/hari.

d. Kebutuhan air untuk fasilitas pendidikan

$$Q_{\text{kebutuhan}} = P_n \cdot K_p \cdot Q^*$$

Keterangan :

Q_{keb} = Debit air kebutuhan hotel kota tersebut (m^3/dtk)

P_n = Jumlah unit pada tahun ke n

K_p = Kapasitas maksimal (orang)

Q^* = (25) ltr/ hari.

e. Kebutuhan air untuk fasilitas peribadatan

$$Q_{\text{kebutuhan}} = P_n \cdot Q^*$$

Keterangan :

Q_{keb} = Debit air kebutuhan rumah ibadah kota tersebut (m³/dtk)

P_n = Jumlah unit pada tahun ke n

Q^* = (3000) ltr/unit/hari.

f. Kebutuhan air untuk irigasi

Kebutuhan irigasi dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q_{\text{iri}} = \frac{Etc + IR + WLR + P - Re}{IE} \times A \times \frac{10}{86400}$$

Q_{irigasi} = kebutuhan air irigasi (m³/detik);

Etc = kebutuhan air konsumtif (mm/hari);

IR = kebutuhan air irigasi di tingkat persawahan (mm/hari);

WLR = kebutuhan air untuk mengganti lapisan air (mm/hari), besaran

WLR = 50 mm/bulan atau 3,3 mm/hari selama ½ bulan (Standart

Perencanaan Irigasi KP-01, 1986);

P = Perkolasi (1-3 mm/hari);

Re = hujan efektif (mm/hari);

IE = efisiensi irigasi, berdasarkan asumsi jumlah air yang hilang di petak sawah (mm/hari);

A = luasan areal irigasi (ha).

3.3.2 Tata Guna Lahan (Land Use)

Faktor penutup lahan cukup signifikan dalam pengurangan ataupun peningkatan aliran permukaan. Hutan yang lebat mempunyai tingkat penutup lahan yang tinggi, sehingga apabila hujan turun ke wilayah hutan tersebut, faktor penutup lahan ini akan memperlambat kecepatan aliran permukaan, bahkan bias terjadi kecepatan mendekati nol (Kodoatie dan Sjarief, 2010).

Ketika suatu kawasan hutan menjadi pemukiman, maka penutup lahan kawasan ini akan berubah menjadi penutup lahan yang tidak mempunyai resistensi untuk menahan aliran. Yang terjadi ketika hujan turun, kecepatan air akan meningkat sangat tajam di atas lahan ini. Namun resapan air yang masuk ke

dalam tanah relatif tetap kecuali lahannya berubah. Kuantitas totalnya tergantung dari luasan penutup lahan (Kodoatie dan Sjarief, 2010).

Data alih fungsi lahan diperoleh dari beberapa tahun pencatatan data tata guna lahan, sehingga bisa dilihat perubahan penggunaan lahan yang terjadi. Perubahan tata guna lahan memberikan dampak yang signifikan, diantaranya:

- Perubahan tata guna lahan berpengaruh terhadap ketersediaan dan kebutuhan air. Sebagai contoh ketika suatu kawasan hutan berubah menjadi pemukiman maka kebutuhan air meningkat karena dipakai untuk penduduk tersebut, namun ketersediaan air berkurang.
- Ketika lahan berubah maka terjadi peningkatan debit aliran permukaan. Akibatnya di bagian hilir mendapatkan debit yang berlebih dan dampaknya terjadi banjir. Akibat perubahan tata guna lahan maka kapasitas resapan hilang sehingga bencana kekeringan meningkat di musim kemarau. Debit puncak naik dari 5 sampai dengan 35 kali karena air yang meresap ke dalam tanah sedikit mengakibatkan aliran air di permukaan (run-off) menjadi besar, sehingga berakibat debit menjadi besar dan terjadi erosi yang berakibat sedimentasi.
- Ketika debit meningkat, aliran sungai dengan debit yang besar akan membawa sedimen yang besar pula sehingga di terminal akhir perjalanan air di sungai yaitu muara terjadi pendangkalan. Akibatnya di laut terjadi akresi yang mempengaruhi longshore transport sediment di pantai. Akresi pantai adalah gerusan pantai yang dikenal dengan sebutan abrasi.

3.3.3 Usaha Konservasi

Usaha konservasi sumberdaya air diperlukan dalam rangka upaya untuk menjaga dan melestarikan keberadaan air pada suatu daerah aliran sungai. Usaha konservasi tersebut dapat menggunakan 2 metode yang meliputi :

a. Metode Vegetatif

Dalam usaha konservasi vegetatif perlu diperhatikan beberapa parameter yang akan menunjang keberhasilan konservasi sumber daya air, diantaranya adalah sebagai berikut:

- Vegetasi tanaman yang dapat digunakan memiliki nilai ekonomi, hidrologis dan konservasi
- Vegetasi tanaman konservasi dipadukan tanaman semusim dengan cara tumpangsari agar diperoleh nilai ekonomi tambahan
- Jenis vegetasi disesuaikan topografi wilayah, jenis tanah dan iklim
- Penyebaran tanaman vegetasi mengikuti rencana tata ruang wilayah (RTRW) setempat.

b. Metode Mekanik

Upaya lain dalam usaha konservasi sumber daya air adalah dengan memanfaatkan pengumpulan air hujan atau yang sering disebut pemanen air hujan yang dalam penelitian ini menggunakan media atap bangunan rumah. Hal-hal yang mempengaruhi volume air hujan yang tertampung menggunakan sistem ini adalah:

- Curah hujan
- Luasan area tangkapan, dalam hal ini adalah atap
- Kapasitas penampung air (reservoir). Jika kondisi tanah sangat porous, maka sebaiknya konstruksi reservoir dilakukan pengecoran dan jika sebaliknya maka konstruksinya tak perlu dilakukan pengecoran
- Kemiringan lereng. Pemanen air hujan tidak direkomendasikan untuk wilayah yang memiliki kemiringan lebih dari 5% karena berpengaruh terhadap distribusi runoff, erosi tanah dan biaya pembuatan bangunan penangkap air hujan (Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, 2013).

BAB 4

GAMBARAN UMUM WILAYAH

4.1 Administrasi dan Letak Geografis

Ditinjau dari astronomi Kota Batu terletak antara 122° 17' sampai dengan 122° 57' Bujur Timur dan 7° 44' sampai dengan 8° 26' Lintang Selatan dengan luas wilayah administrasi 199,09 km² atau sekitar 0,42 % dari total luas Jawa Timur. Adapun batas-batas Wilayah Kota Batu adalah sebagai berikut :

- Sebelah utara : Kabupaten Mojokerto dan Kabupaten Pasuruan
- Sebelah timur : Kabupaten Malang
- Sebelah barat : Kabupaten Malang
- Sebelah selatan : Kabupaten Malang dan Kabupaten Blitar

Secara administrasi Kota Batu dibagi menjadi 3 kecamatan yaitu Kecamatan Batu, Kecamatan Bumiaji dan Kecamatan Junrejo.

Tabel 4.1. Luas Wilayah Menurut Kecamatan (Km²)

No	Kecamatan	Luas Wilayah (Km ²)	Jumlah Desa/ Kelurahan
1	Batu	45,458	8
2	Junrejo	25,650	7
3	Bumiaji	127,979	9
	Total	199,09	24

Sumber : Batu Dalam Angka, 2013

Jika ditinjau dari area pelayanan sungai atau batas sub daerah aliran sungai Brantas, maka luas sub daerah aliran sungai tersebut sebesar 182,96 km² yang termasuk dalam wilayah kota Batu (Data dan Informasi Balai Besar Wilayah Sungai Brantas, 2013)

4.2 Iklim

Klimotografi Kota Batu memiliki suhu minimum 18°– 24°C dan suhu maksimum 28°- 32° C dengan kelembaban udara sekitar 75 – 98% , serta memiliki curah hujan rata-rata 875 – 3000 mm per tahun (Batu Dalam Angka).

4.3 Topografi

4.3.1 Jenis Tanah

Tanah di Kota Batu dapat dikelompokkan menjadi 4 jenis. *Pertama* jenis tanah andosol, merupakan tanah yang sangat subur yang meliputi Kecamatan Batu seluas 1.831, 04 ha, Kecamatan Junrejo seluas 1.526,19 ha dan Kecamatan Bumiaji seluas 2.873,89 ha. *Kedua* jenis tanah Kambisol yang merupakan tanah cukup subur dengan sebarannya yaitu Kecamatan Batu seluas 889,31 ha, Kecamatan Junrejo seluas 741,25 ha dan Kecamatan Bumiaji seluas 1.395,81 ha. *Ketiga* yaitu jenis Alluvial yang merupakan tanah yang kurang subur dan mengandung kapur. Tanah ini tersebar di Kecamatan Batu seluas 239,86 ha, Kecamatan Junrejo 199,93 ha dan Kecamatan Bumiaji seluas 376,48 ha. *Keempat* jenis tanah Latosol meliputi Kecamatan Batu seluas 260,34 ha, Kecamatan Junrejo seluas 217,700 ha dan Kecamatan Bumiaji seluas 408,61 ha (Batu Dalam Angka).

4.3.2 Ketinggian dan Kemiringan

4.3.2.1 Ketinggian

Kota Batu terletak pada ketinggian rata-rata 871 m di atas permukaan laut (Batu Dalam Angka, 2003). Berdasarkan ketinggiannya Kota Batu dibagi menjadi 6 kelas yaitu:

1. Ketinggian 600-1000 m dpl, dengan penyebaran wilayahnya adalah:
 - Kecamatan Batu yang meliputi Desa Sidomulyo, sebagian besar Kelurahan Temas, Kelurahan Sisir, Kelurahan Ngaglik dan Desa Sumber rejo serta sebagian kecil Desa Oro-Oro Ombo, Desa Pesanggrahan dan Kelurahan Songgokerto.
 - Kecamatan Junrejo meliputi Desa Junrejo, Torongrejo, Pendem, Beji, Mojorejo, Dadaprejo dan sebagian Desa Tekung).

- Kecamatan Bumiaji meliputi sebagian kecil Desa di Kecamatan Bumiaji.
2. Ketinggian 1000-1500 m dpl, dengan penyebaran wilayahnya adalah:
 - Wilayah yang termasuk pada ketinggian ini adalah sebagian besar Desa di Kecamatan Bumiaji dan sebagian besar di Kecamatan Batu (Songgokerto, Desa Oro-oro dan Desa Pesanggrahan) serta sebagian kecil Desa Tlekung Kecamatan Junrejo.
 3. Ketinggian 1500-2000 m dpl, dengan penyebaran wilayahnya adalah:
 - Wilayah yang termasuk pada ketinggian ini adalah sebagian kecil Desa Tlekung, sebagian kecil Desa Oro-oro Ombo dan Desa Pesanggrahan terutama di Kawasan Gunung Panderman, Gunung Bokong serta Gunung Punuksari. Sedangkan wilayah Kecamatan Bumiaji seluruh desa berada pada ketinggian ini, terutama kawasan sekitar Gunung Raung, Gunung Tunggangan dan Gunung Pusungkutuk..
 4. Ketinggian 2000-2500 m dpl, dengan penyebaran wilayahnya adalah:
 - Wilayah yang termasuk pada ketinggian ini adalah sekitar Gunung Srandil serta ujung Desa Oro-oro Ombo yang berbatasan dengan Kecamatan Wagir. Pada Kecamatan Bumiaji wilayahnya berada di sekitar Gunung Anjasmoro dan sebagian kecil Desa Giripurno, Desa Bumiaji, Desa Sumbergondo dan Desa Torongrejo.
 5. Ketinggian 2500-3000 m dpl, dengan penyebaran wilayahnya adalah:
 - Wilayah yang termasuk pada ketinggian ini adalah sebagian kecil desa-desa di Kecamatan Bumiaji terutama yang berbatasan dengan Kecamatan Prigen.
 6. Ketinggian 3000 m dpl, dengan penyebaran wilayahnya adalah:
 - Wilayah yang termasuk pada ketinggian ini adalah beberapa desa-desa di Kecamatan Bumiaji terutama di sekitar Gunung Arjuno (Desa Sumbergondo) Gunung Kembar dan Gunung Welirang (Desa Tulungrejo).

4.3.2.2 Kemiringan

Berdasarkan data dari peta kelerengan Badan Lingkungan Hidup Kota Batu tahun 2011 diketahui bahwa kemiringan lahan Kota Batu dapat diklasifikasikan kedalam 5 golongan yaitu :

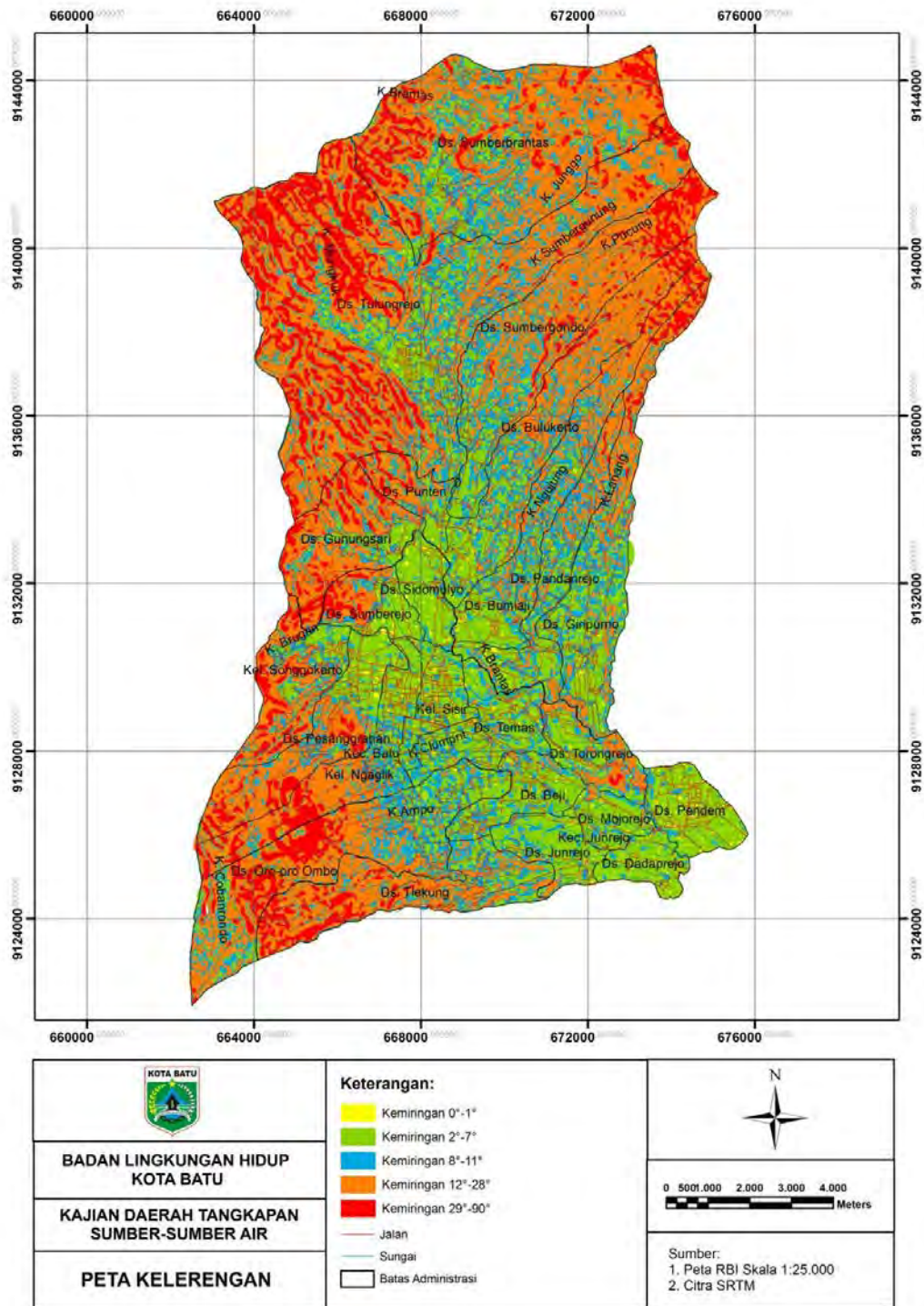
- 0 – 8 % seluas 21,79 km²
- 8 – 15 % seluas 22,17 km²
- 15 -25 % seluas 17,90 km²
- 25 – 40 % seluas 41,62 km²
- > 40 % seluas 94,97 km²

Sebagian besar wilayah Kota Batu memiliki kemiringan lebih dari 40% yaitu 94,97 km² atau sekitar 47,86% dari total luas wilayah. Kemiringan sebagian besar berada di Kecamatan Bumiaji seluas 36,75%, Kecamatan Batu Seluas 7,71% dan sisanya pada Kecamatan Junrejo sebesar 3,40%.

Kemiringan selanjutnya seluas 41,62 km² atau sekitar 20,97% dari total luas wilayah. Tingkat kemiringan ini berada di Kecamatan Bumiaji seluas 15,65% dan sisanya masing-masing 4,24% dan 1,08% di Kecamatan Batu dan Junrejo.

Kategori kemiringan selanjutnya yaitu 0 – 8% yang luasnya tersebar hampir merata di setiap Kecamatan Kota Batu, dimana prosentasenya sebesar antara 1,48 - 4,87% dari total luas wilayah.

Deskripsi spasial dari data kemiringan lahan dapat dilihat pada peta 4.1



Gambar 4.1 Peta Kemiringan Lahan (BLH Kota Batu, 2011)

4.3.3 Kedalaman Tanah

Berdasarkan data dari peta kedalaman tanah Badan Lingkungan Hidup Kota Batu tahun 2011 diketahui bahwa kemiringan lahan Kota Batu dapat dikategorikan kedalam 3 golongan yaitu :

1. Kedalaman Tanah Dangkal

Kedalaman tanah kategori ini antara 30 – 60 cm. Daerah yang termasuk dalam kategori ini adalah Desa Sumbergondo dengan luasan sebesar 8,469 ha

2. Kedalaman Tanah Sedang

Kedalaman tanah kategori ini besarnya antara 60 - 90 cm. Wilayah yang termasuk dalam kategori ini meliputi Desa Tulungrejo, Desa Sumbergondo, Desa Bulukerto, Desa Bumiaji, Desa Pandanrejo, Desa Gripurno, Kelurahan Songgokerto, Desa Pesanggrahan, Desa Oro-oro ombo dan Desa Tlekung dengan luasan wilayah 3.943,145 ha.

3. Kedalaman Tanah Dalam

Kedalaman tanah kategori ini besarnya antara > 90 cm. Wilayah yang berada dalam kategori ini meliputi Desa Tulungrejo, Desa Sumbergondo, Desa Punten, Desa Gunungsari, Desa Bulukerto, Desa Bumiaji, Desa Sidomulyo, Desa Sumberejo, Desa Gripurno, Kelurahan Songgokerto, Kelurahan Ngaglik, Kelurahan Temas, Desa Pesanggrahan, Desa Oro-oro ombo dan Desa Mojorejo dengan luasan wilayah 15.675,925 ha.

4.4 Penduduk

4.4.1 Jumlah Penduduk

Penduduk merupakan salah satu faktor penentu perkembangan suatu wilayah. Perkembangan penduduk Kota Batu dari tahun ke tahun selalu meningkat, hal ini akan berdampak pada ketersediaan sumber daya air, baik di masa kini maupun masa yang akan datang dalam upaya pemenuhan kebutuhan air bersih. Berikut merupakan tabel perkembangan penduduk Kota Batu pada tahun 2003 sampai tahun 2012 :

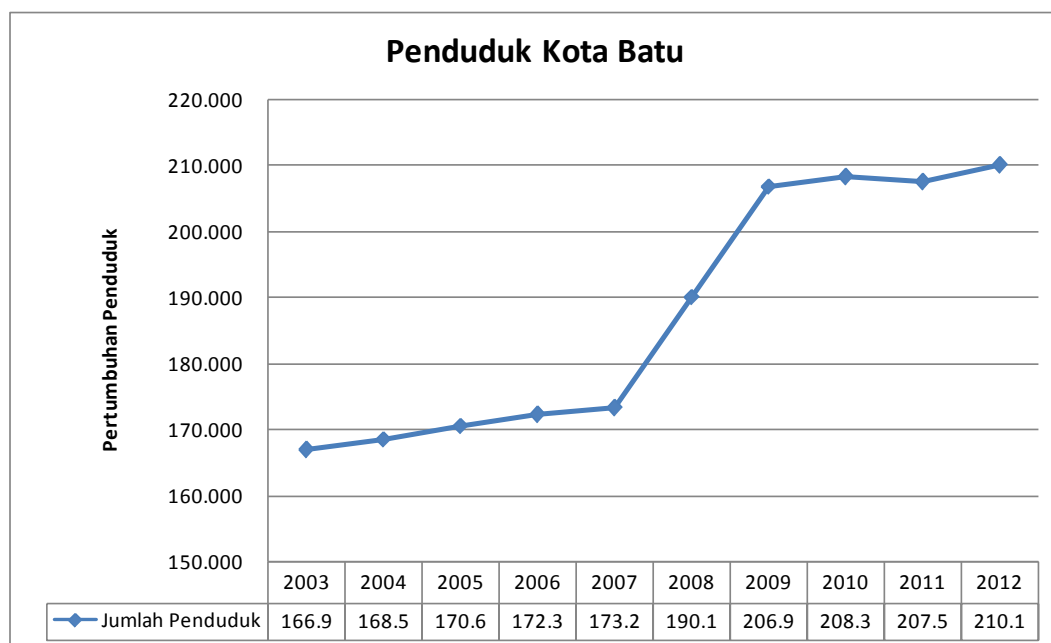
Tabel 4.2 Jumlah Penduduk Kota Batu

No	Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)			
		Batu	Junrejo	Bumiaji	Total
1	2003	77.039	40.057	49.852	166.948
2	2004	77.799	40.350	50.395	168.544
3	2005	79.252	40.201	51.244	170.697
4	2006	80.450	40.758	51.120	172.328
5	2007	81.065	40.910	51.320	173.295
6	2008	88.178	46.382	55.624	190.184
7	2009	97.881	50.447	58.652	206.980
8	2010	98.497	50.732	59.137	208.366
9	2011	96.352	51.263	59.912	207.527
10	2012	97.780	51.743	60.586	210.109

Sumber : Batu Dalam Angka

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kota Batu (Batu Dalam Angka), bahwa pertumbuhan jumlah penduduk tergolong fluktuatif. Namun pada tahun 2008 dan tahun 2009 terjadi pertumbuhan jumlah penduduk yang signifikan. Pertambahan jumlah penduduk Kota Batu rata-rata setiap tahun adalah 1,5%. Berikut merupakan grafik pertumbuhan jumlah penduduk setiap tahunnya.

Gambar 4.2. Grafik Pertumbuhan Penduduk Kota Batu



Sumber : Hasil Perhitungan

4.4.2 Tenaga Kerja

Tenaga kerja dalam hal ini diklasifikasikan menjadi dua yaitu pegawai negeri sipil (PNS) dan pegawai swasta. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) didalam datanya Batu Dalam Angka 2012 jumlah PNS saat ini adalah 4.815 orang, sedangkan pegawai swasta mencapai 6.529 orang. Untuk selanjutnya perkembangan jumlah PNS maupun pegawai swasta di Kota Batu tercatat sebagai berikut:

Tabel 4.3 Jumlah Tenaga Kerja Kota Batu

Tahun	Klasifikasi Pegawai (jiwa)		Jumlah
	PNS	Swasta	
2007	2.428	5493	7.921
2008	2.428	5473	7.901
2009	3.497	5.737	9.234
2010	4.357	5.858	10.215
2011	4.945	6.529	11.474
2012	4.815	6.529	11.344

Sumber : Batu Dalam Angka

4.5 Fasilitas Umum Dan Sosial

4.5.1 Fasilitas Pendidikan

Jumlah fasilitas pendidikan di Kota Batu pada tahun 2012 mencapai 229 unit, hal ini didasarkan data yang diambil dari Batu Dalam Angkan dalam Badan Pusat Statistik (BPS) 2013. Berikut merupakan jumlah keseluruhan fasilitas pendidikan berdasarkan masing-masing kecamatan.

Tabel 4.4. Jumlah Fasilitas Pendidikan

Uraian	Kecamatan		
	Batu	Junrejo	Bumiaji
TK	40	18	26
SD/MI	42	21	27
SLTP/ MTs	18	6	7
SLTA/ MAN	11	2	1
SMK	8	1	1
Jumlah	119	48	62

Sumber : Batu Dalam Angka, 2013

4.5.2 Fasilitas Peribadatan

Jumlah fasilitas peribadatan di Kota Batu pada tahun 2012 mencapai 651 unit, yang terdiri dari masjid, langgar, gereja, vihara dan pura. Hal ini didasarkan data yang dihimpun dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Batu tahun 2013 dalam bukunya Batu Dalam Angka. Berikut merupakan jumlah keseluruhan fasilitas peribadatan berdasarkan masing-masing kecamatan.

Tabel 4.5. Jumlah Fasilitas Peribadatan

Uraian	Kecamatan		
	Batu	Junrejo	Bumiaji
Masjid	52	37	57
Langgar	216	84	166
Gereja	18	7	6
Vihara	4	2	0
Pura	0	0	2
Jumlah	290	130	231

Sumber : Batu Dalam Angka, 2013

4.5.3 Fasilitas Kesehatan

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kota Batu tahun 2013 terdapat 4 rumah sakit yang tersebar di seluruh Kota Batu, yaitu Rumah Sakit Paru, Rumah Sakit Hasta Braha, Rumah Sakit Etty Asharto dan Rumah Sakit Haji. Untuk membantu penanganan awal Pemkot Batu menyediakan puskesmas yang berjumlah 5 unit dan puskesmas pembantu 6 unit. Selain itu tersedia pula 1 rumah bersalin.

4.5.4 Penginapan (Hotel)

Kunjungan wisatawan baik lokal maupun mancanegara setiap tahunnya meningkat, hal ini bisa dilihat jumlah hunian jika berdasar parameter tempat tidur (bed). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kota Batu (Batu Dalam Angka) dalam 5 tahun terakhir ini tercatat peningkatannya sebagai berikut:

Tabel 4.6. Jumlah Fasilitas Penginapan

No	Tahun	Jumlah Pemakai (bed)
1	2007	5.398
2	2008	5.358
3	2009	5.758
4	2010	6.011
5	2011	8.761

Sumber : Batu Dalam Angka, 2013

4.6 Peternakan

Peternakan di Kota Batu dilakukan dalam bentuk peternakan rakyat dan perusahaan peternakan. Sektor peternakan ini terdiri atas ternak besar yang meliputi sapi potong, sapi perah, kerbau dan kuda. Ternak kecil meliputi kambing, domba dan kelinci serta unggas yang meliputi ayam buras, ayam pedaging, ayam petelur dan itik.

Tabel 4.7. Populasi Peternakan

No	Jenis Ternak	Jumlah (ekor)
1	Sapi Potong	3.237
2	Sapi Perah	12.889
3	Kerbau	9
4	Kuda	46
5	Kambing	4.915
6	Domba	6.034
7	Babi	24
8	Ayam Petelur	102.455
9	Ayam Buras	55.026
10	Ayam Pedaging	160.500
11	Itik	6.264
12	Kelinci	32.614

Sumber : Batu Dalam Angka, 2013

4.7 Pertanian

Sektor pertanian merupakan salah satu sektor yang menyumbangkan pemasukan pendapatan daerah dan penyerapan tenaga kerja terbesar. Berdasar data yang diperoleh dari Dinas Pertanian dan Kehutanan Kota Batu, 2012 diperoleh luasan lahan pertanian sebagai berikut:

Tabel 4.8. Luas Lahan Pertanian

No	Kecamatan Desa Kelurahan	Lahan Pertanian (Ha)				
		Pekarangan	Sawah			Tegal
			Teknis	1/2Teknis	Sederhana	
I	Kec Bumiaji					
	1. Tulungrejo	80,29	68	-	-	305,02
	2. Sumbergondo	59,00	35	-	-	85,00
	3. Bumiaji	52,79	101	7	13	212,43
	4. Pandanrejo	49,00	44	124	-	85,30
	5. Punten	304,22	58	16	-	8,00
	6. Bulukerto	81,65	61	-	-	414,35
	7. Gunungsari	153,86	96	5	-	61,51
	8. Giripurno	7,87	197	-	-	82,20
	<i>Jumlah I</i>	788,68	660	152	13	1.253,81
II	Kec Batu					
	1. Sisir	66,31	82	-	-	158,00
	2. Ngaglik	47,59	5	2	-	57,28
	3. Temas	68,70	107	26	7	78,17
	4. Oro-oro Ombo	85,97	42	-	-	152,59
	5. Pesangrahan	84,42	29	9	-	15,54
	6. Songgokerto	59,72	36	7	2	238,07
	7. Sumberjo	68,11	69	-	9	56,38
	8. Sidomulyo	45,59			-	,00
			75	87		
	<i>Jumlah II</i>	526,41	445	131	18	756,03
III	Kec Junrejo					
	1. Tlekung	14,96	14	-	31	186,23
	2. Junrejo	69,93	165	4	24	124,72
	3. Mojorejo	16,57	109	-	17	5,00
	4. Beji	57,70	125	24	-	41,50
	5. Torongrejo	35,34	106	97	-	61,99
	6. Pendem	76,10	227	68	-	25,00
	7. Dadaprejo	45,35	88	-	10	25,72
	<i>Jumlah III</i>	315,95	834	193	82	470,16
Jumlah I+II+III		1.631,04	1.939,00	476,00	113,00	2.480,00

Sumber : Dinas Pertanian dan Kehutanan Kota Batu, 2012

4.8 Kondisi Tata Guna Lahan

Akibat penggunaan lahan hutan yang terkonversi menjadi perkebunan, permukiman, padang rumput, semak belukar dan ladang yang semakin meningkat tiap tahunnya menyebabkan luas hutan sebagai area konservasi menjadi berkurang. Hal ini didasarkan data yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Brantas (BBWS Brantas) Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Kementerian Pekerjaan Umum tahun 2013.

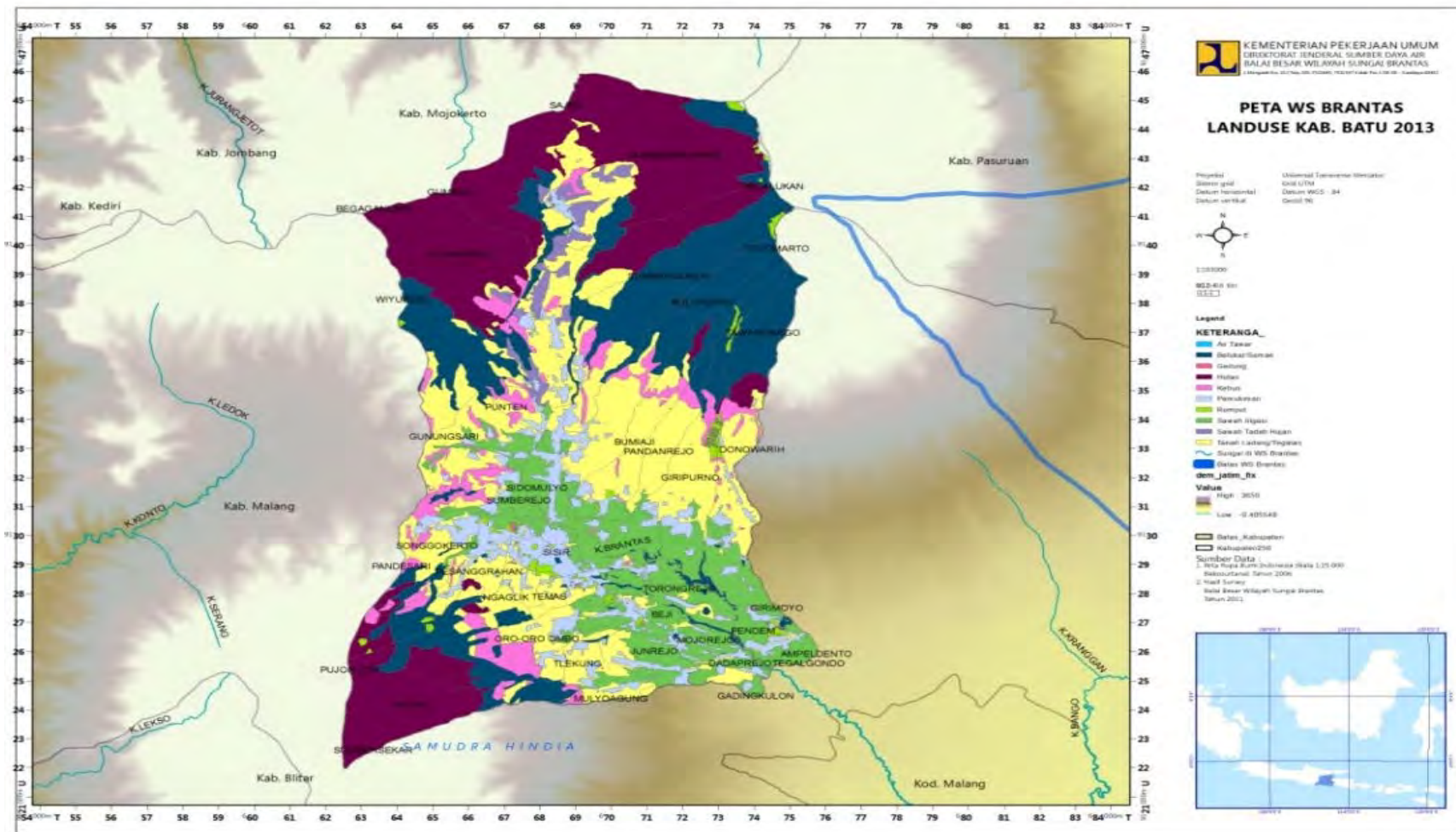
Berdasarkan data yang dihimpun dari pusat data dan informasi Balai Besar Wilayah Sungai Brantas tahun 2013, bahwa pada periode antara tahun 2006 hingga 2013 telah terjadi perubahan tata guna lahan yang drastis pada hutan konservasi. Dimana yang pada awalnya luas hutan konservasi adalah 4.120,37 ha (2006), kini hanya menyisahkan seluas 1.316,43 ha. Hal ini menunjukkan dalam periode tersebut telah terjadi degradasi hutan konservasi sebesar 2.803,94 ha. Disisi lain luas permukiman penduduk mengalami perkembangan yang cukup besar. Untuk selengkapnya penggunaan lahan Kota Batu hingga tahun 2013 dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.9. Penggunaan Lahan Sub DAS Brantas Hulu

No	Jenis Lahan	Luas (Ha)		Alih Fungsi Lahan (Ha)
		2006	2013	
1	Sawah	2.685,30	2.274,10	-411,20
2	Kebun/ Ladang	2.724,55	4.951,42	2.226,87
3	Padang rumput	5.964,30	4.603,57	-1.360,73
4	Permukiman	2.520,74	4.830,62	2.309,88
5	Bangunan/ Gedung	162,09	151,40	-10,69
6	Perairan Tawar/ sungai	119,01	168,83	49,82
7	Hutan	4.120,37	1.316,43	-2.803,94
	Total	18.296,37	18.296,37	

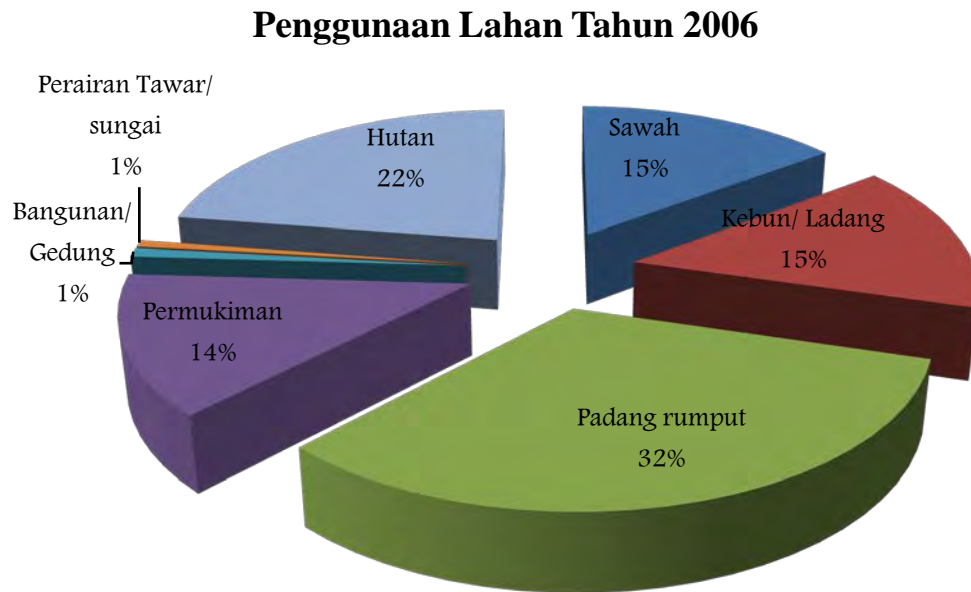
Sumber : Data dan Informasi BBWS Brantas, 2013

Perubahan tata guna lahan hutan konservasi dapat dilihat pada peta tata guna lahan Gambar 4.3 dan 4.4.

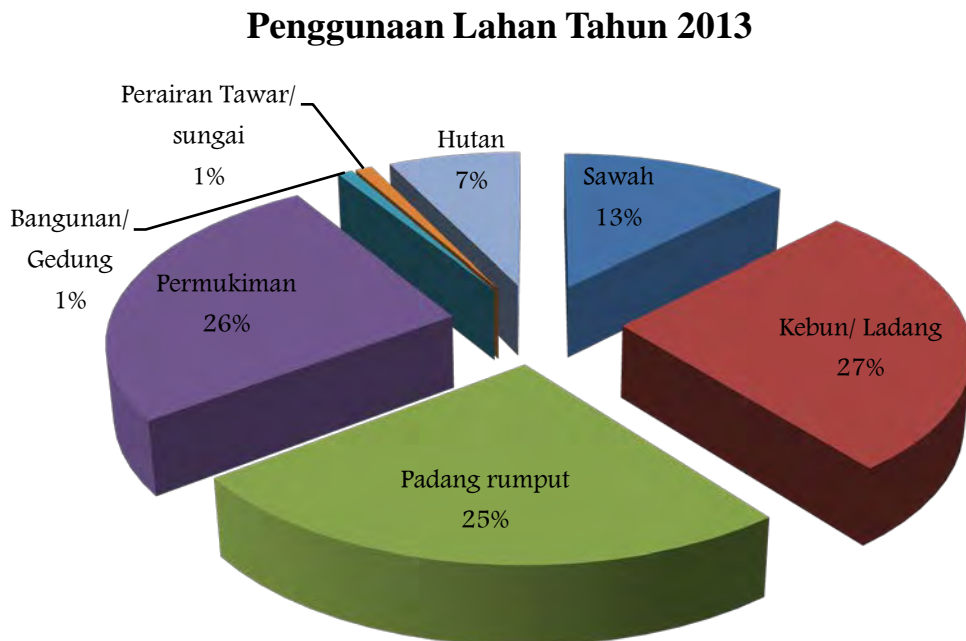


Gambar 4.4. Peta Penggunaan Lahan Kota Batu Tahun 2013 (Balai Besar Wilayah Sungai Brantas, 2013)

Grafik dibawah ini menunjukkan prosentase perubahan penggunaan lahan di sub DAS Brantas hulu Kota Batu periode tahun 2006 hingga 2013.



Gambar 4.5. Grafik Penggunaan Lahan Kota Batu Tahun 2006



Gambar 4.6. Perubahan Tata Guna Lahan Kota Batu Tahun 2013

BAB 5

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Hidrologi

5.1.1 Metode Poligon Thiessen

Dalam menentukan curah hujan terlebih dahulu ditentukan luas Sub DAS yaitu diambil beberapa stasiun terdekat yang dianggap berpengaruh dan mewakili kawasan terdekat dengan menggunakan Metode Poligon Thiessen. Stasiun hujan yang ada di Kota Batu diantaranya yaitu stasiun hujan Ngaglik, Ngunjung, Temas dan Tinjumoyo.

Luasan Sub DAS Brantas Hulu wilayah Kota Batu adalah 182.963.742,1 m² atau 182,964 km². Berdasarkan hasil analisa dengan Poligon Thiessen diperoleh luasan dan prosentase masing-masing stasiun hujan sebagai berikut:

Tabel 5.1. Luasan Stasiun Hujan Dengan Poligon Thiessen

NO	STASIUN HUJAN	PROSENTASE (%)	LUASAN (m ²)
1	Ngaglik	20,58	37.655.692,58
2	Ngunjung	12,55	22.963.468,36
3	Temas	12,95	23.696.088,92
4	Tinjumoyo	53,91	98.648.492,26
Total		100	182.963.742,12

Sumber: Hasil Perhitungan

5.1.2 Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah (*Areal Rainfall*)

Pada Sub DAS Brantas hulu Wilayah Kota Batu terdapat beberapa stasiun penakar atau pencatat curah hujan, oleh sebab itu untuk mendapatkan harga curah hujan area, maka diambil harga rerata curah hujan dari masing-masing stasiun penakar hujan yang telah dikumulatikan dan dikalikan prosentase luas wilayah stasiun penakar hujan. Berdasarkan data dari Dinas Pengairan dan Bina Marga

Kota Batu tahun 2013, diperoleh data hujan bulanan pada masing-masing stasiun penakar hujan sebagai berikut:

Tabel 5.2. Data Hujan Pada Stasiun Hujan Ngaglik (mm)

TAHUN	B U L A N											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1990	544	442	200	185	100	33	6	22	-	25	141	362
1991	323	255	109	443	64	-	-	-	6	-	101	427
1992	418	213	313	224	51	-	-	6	16	71	197	421
1993	658	192	171	78	-	20	-	-	-	5	173	187
1994	554	217	310	131	13	-	-	-	-	-	47	141
1995	433	314	154	107	58	31	5	-	1	50	275	153
1996	283	276	61	171	7	-	4	28	12	81	229	252
1997	235	333	12	44	-	-	-	-	-	-	50	107
1998	119	349	332	144	62	31	88	28	74	179	245	268
1999	286	223	322	166	10	45	45	12	-	119	253	316
2000	428	117	158	229	85	46	9	-	31	240	300	63
2001	256	336	372	63	46	104	35	-	14	115	146	136
2002	325	307	146	146	47	-	-	-	-	-	67	381
2003	314	460	197	31	79	25	-	-	-	88	288	158
2004	262	256	332	71	73	2	13	-	32	35	350	303
2005	229	94	130	91	-	19	29	8	27	120	147	352
2006	199	196	236	122	143	18	-	-	3	9	6	319
2007	142	271	225	215	8	3	7	2	11	39	202	468
2008	137	130	119	77	28	33	-	-	1	-	28	69
2009	358	358	191	74	141	30	-	-	5	18	141	155
2010	359	414	219	581	190	20	77	96	168	151	267	271
2011	243	148	267	162	122	20	9	-	-	13	212	142
2012												
Max	658	460	387	581	190	104	88	128	168	240	350	468
Rerata	325	269	216	164	64	21	14	14	19	63	178	256
Min	119	94	12	31	-	-	-	-	-	-	6	63

Sumber: Dinas Pengairan dan Bina Marga Kota Batu, 2013

Tabel 5.3. Data Hujan Pada Stasiun Hujan Ngujung (mm)

TAHUN	B U L A N											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1990	295	330	174	213	103	14	-	15	8	17	116	395
1991	337	217	153	599	5	-	-	-	7	-	230	483
1992	509	253	428	284	42	-	-	6	19	118	340	386
1993	402	208	227	74	-	2	-	-	-	-	237	246
1994	491	254	374	209	-	-	-	-	-	-	131	170
1995	565	321	128	95	89	18	-	-	-	39	473	148
1996	309	280	42	219	-	8	-	16	29	146	296	287
1997	309	280	42	219	-	8	-	16	29	146	51	104
1998	212	428	296	115	51	65	71	40	76	88	193	247
1999	311	241	265	171	-	2	9	3	1	111	312	363
2000	421	151	219	279	118	38	25	-	19	295	369	102
2001	252	317	411	102	87	115	28	-	24	81	184	140
2002	301	250	219	166	51	-	-	-	-	-	111	393
2003	313	358	201	22	64	11	-	-	1	41	220	120
2004	276	279	326	31	67	2	-	-	38	12	323	311
2005	198	166	175	107	3	10	80	16	20	169	159	336
2006	224	275	171	118	96	5	-	-	-	-	3	271
2007	192	280	201	200	2	7	3	-	19	53	210	365
2008	93	101	126	133	26	14	-	-	-	78	39	109
2009	924	373	265	67	174	5	-	-	8	48	156	438
2010	393	444	266	467	224	41	55	103	262	199	315	339
2011	230	130	221	233	197	9	6	-	-	38	332	255
2012												
Max	924	444	428	599	224	115	80	103	262	295	473	483
Rerata	350	275	226	192	63	18	12	9	24	75	222	268
Min	93	101	42	22	-	-	-	-	-	-	3	102

Sumber: Dinas Pengairan dan Bina Marga Kota Batu, 2013

Tabel 5.4. Data Hujan Pada Stasiun Hujan Temas (mm)

TAHUN	B U L A N											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1990	544	452	191	181	100	30	6	22	-	25	141	362
1991	332	255	109	443	64	-	-	-	6	-	101	427
1992	411	215	313	224	51	-	-	6	16	125	335	620
1993	749	250	312	219	-	47	-	-	-	7	218	384
1994	621	475	591	235	-	-	-	-	-	-	114	299
1995	499	604	292	196	79	49	6	-	2	54	321	169
1996	304	353	67	255	3	-	-	11	26	99	255	209
1997	304	355	63	279	-	-	-	10	25	99	69	99
1998	119	349	406	144	62	31	133	33	271	262	165	256
1999	337	182	247	126	3	13	16	6	9	95	304	359
2000	289	151	184	177	76	41	46	-	28	254	344	92
2001	268	359	354	79	70	95	25	1	45	91	135	160
2002	315	314	150	40	44	-	-	-	1	-	85	487
2003	346	380	187	20	61	25	-	-	-	56	259	174
2004	293	299	305	48	108	3	9	-	36	4	349	324
2005	197	128	157	73	13	18	47	4	23	100	150	292
2006	184	285	194	127	124	6	-	-	-	-	1	203
2007	174	315	239	225	5	1	-	-	-	21	206	360
2008	125	112	117	101	22	3	-	-	2	32	25	100
2009	415	362	134	58	120	19	-	-	7	168	190	168
2010	275	365	221	447	162	35	27	54	187	148	311	288
2011	250	126	253	194	109	16	3	-	-	32	226	109
2012												
Max	749	604	591	447	162	95	133	54	271	262	349	620
Rerata	331	296	230	172	56	19	15	7	30	77	191	266
Min	119	111	63	20	-	-	-	-	-	-	1	92

Sumber: Dinas Pengairan dan Bina Marga Kota Batu, 2013

Tabel 5.5. Data Hujan Pada Stasiun Hujan Tinjumoyo (mm)

TAHUN	B U L A N											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1990	260	262	240	108	167	4	5	28	20	15	57	416
1991	355	261	132	530	48	-	-	-	7	-	153	478
1992	478	243	376	261	52	-	-	6	18	111	309	509
1993	649	232	252	131	-	25	-	-	-	4	224	290
1994	476	176	289	154	3	-	-	-	-	-	53	143
1995	365	312	410	383	102	119	16	-	26	96	404	114
1996	326	239	184	269	6	89	25	28	24	192	210	304
1997	332	281	24	47	-	-	-	-	-	3	68	169
1998	229	341	346	193	132	132	44	114	56	79	273	536
1999	380	210	232	171	76	14	8	-	-	96	401	460
2000	416	203	245	343	91	69	161	-	19	304	410	101
2001	272	444	392	89	41	163	29	-	28	147	193	120
2002	357	299	190	166	36	-	-	-	2	-	125	378
2003	349	331	166	79	90	11	-	-	-	63	274	136
2004	372	250	264	81	86	4	-	-	25	11	213	241
2005	217	219	175	49	-	31	10	2	61	153	161	294
2006	268	287	204	82	143	1	-	-	-	-	1	278
2007	162	277	221	267	9	3	3	-	-	42	162	412
2008	127	72	153	146	55	6	-	-	7	80	26	167
2009	341	372	215	107	62	13	-	-	26	83	207	179
2010	386	413	260	425	213	24	38	149	127	243	268	272
2011	239	105	259	249	228	21	13	-	11	36	382	205
2012												
Max	649	444	410	530	228	163	161	149	127	304	410	536
Rerata	333	258	237	193	74	39	17	14	20	82	204	278
Min	127	72	24	47	-	-	-	-	-	-	1	101

Sumber: Dinas Pengairan dan Bina Marga Kota Batu, 2013

Dari data hujan masing-masing stasiun diatas, maka dapat dilakukan perhitungan curah hujan rerata daerah (areal rainfall) dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_{\text{Thiessen}} = \Sigma (\text{curah hujan bulanan} \times \text{prosentase luas stasiun hujan})$$

Dengan:

P_{Thiessen} : curah hujan rerata Thiessen (mm)

Perhitungan:

Contoh perhitungan curah hujan rerata daerah (areal rainfall) ini diambil pada pada bulan Januari tahun 1990 pada masing-masing stasiun hujan sesuai prosentase luas area, seperti yang ada pada tabel di bawah ini:

Tahun 1990 (Januari)

No	Stasiun	Curah Hujan (mm)	Prosentase Luas Area (%)
1	Ngaglik	544	20,58
2	Ngujung	295	12,55
3	Temas	544	12,95
4	Tinjumoyo	260	53,91

$$\begin{aligned}
 P_{\text{Thie}} &= (544 \times 20,58 \%) + (295 \times 12,55 \%) + (544 \times 12,95 \%) + (260 \times 53,91 \%) \\
 &= 359,60 \text{ mm} \\
 &= 360 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut diketahui curah hujan rerata daerah (areal rainfall) Kota Batu pada bulan Januari sebesar 360 mm.

Selanjutnya untuk mengetahui hasil perhitungan secara keseluruhan curah hujan rata-rata daerah (areal rainfall) bulanan setiap tahunnya dapat dilihat pada Tabel 5.6 di bawah ini:

Tabel 5.6. Curah Hujan Rerata Daerah (mm)

Tahun	BULAN											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1990	360	332	217	146	137	15	5	24	12	19	93	395
1991	343	253	127	509	48	0	0	0	7	0	145	461
1992	461	235	361	252	50	0	0	6	18	106	293	490
1993	633	223	240	124	0	24	0	0	0	4	214	275
1994	513	233	343	167	4	0	0	0	0	0	69	166
1995	421	351	307	266	88	79	10	0	14	74	375	133
1996	312	267	126	241	5	49	14	24	22	151	231	279
1997	306	301	29	98	0	1	0	3	7	33	62	139
1998	190	355	345	167	98	90	68	77	90	124	243	408
1999	346	213	257	164	43	19	17	4	1	102	347	405
2000	403	172	216	290	91	57	98	0	23	283	374	92
2001	266	395	385	84	52	136	30	0	27	125	175	131
2002	338	296	179	146	41	0	0	0	1	0	106	395
2003	337	367	179	54	81	16	0	0	0	64	268	143
2004	327	261	291	68	84	3	4	0	29	15	273	273
2005	214	175	163	68	2	24	27	5	44	141	156	311
2006	237	267	205	101	135	6	0	0	1	2	2	276
2007	163	281	222	242	7	3	3	0	5	40	182	411
2008	125	93	138	124	42	12	0	0	4	57	28	131
2009	427	368	206	89	100	16	0	0	17	76	185	205
2010	367	411	247	465	203	27	47	120	160	206	279	282
2011	240	120	255	222	187	19	10	0	6	31	321	186
Rerata	333	267	230	184	68	30	16	13	22	76	199	271
Maksimum	633	411	385	509	203	136	98	120	160	283	375	490
Jumlah	7658	6150	5300	4233	1573	684	363	291	496	1756	4579	6228

Sumber: Hasil Perhitungan

Jika telah diketahui hujan rata-rata daerah (areal rainfall), langkah berikutnya yaitu menentukan rerata jumlah hari hujan wilayah berdasarkan data dari masing-masing stasiun hujan. Hal ini perlu dilakukan karena jumlah hari hujan suatu kawasan sangat berpengaruh terhadap debit andalan suatu wilayah DAS. Untuk mengetahui rerata jumlah hari hujan pada suatu kawasan, maka langkah perhitungannya yaitu dengan mengakumulatifkan jumlah hari hujan dari masing-masing stasiun hujan yang telah dikalikan prosentase luasan wilayah. Berikut ini merupakan data jumlah hari hujan masing-masing stasiun hujan yang diperoleh dari Dinas Pengairan dan Bina Marga Kota Batu tahun 2013 :

Tabel 5.7. Jumlah Hari Hujan Stasiun Hujan Ngaglik (hari)

TAHUN	B U L A N											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1990	26	21	17	5	7	5	1	1	-	1	5	23
1991	23	21	9	23	6	-	-	-	1	-	9	12
1992	20	15	23	15	3	-	-	2	4	10	15	19
1993	21	12	10	11	-	1	-	-	-	1	14	14
1994	24	17	18	6	3	-	-	-	-	-	5	7
1995	24	21	12	8	4	5	1	-	1	5	20	8
1996	20	15	4	5	2	-	1	3	1	7	14	13
1997	20	18	3	7	-	-	-	-	-	-	6	11
1998	11	14	20	13	7	5	6	3	6	7	16	20
1999	24	14	17	14	1	5	2	1	-	8	15	17
2000	17	15	11	16	8	5	1	-	2	14	21	6
2001	20	21	23	8	4	8	3	-	2	12	13	12
2002	18	18	11	13	2	-	-	-	-	-	6	15
2003	20	22	10	6	6	2	-	-	-	6	14	13
2004	19	23	27	3	10	2	3	-	1	3	14	16
2005	12	8	15	14	-	1	3	1	4	11	8	26
2006	22	18	18	13	15	1	-	-	1	1	3	20
2007	9	18	22	20	2	2	2	1	1	5	13	18
2008	19	28	24	9	5	1	-	2	1	-	14	18
2009	28	26	15	9	15	3	-	-	1	2	9	12
2010	26	23	13	23	18	4	3	8	12	14	13	20
2011	21	19	21	12	9	4	1	-	-	1	13	14

TAHUN	B U L A N											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
Max	28	28	27	23	18	8	6	8	12	14	21	26
Rerata	20	19	16	12	6	2	1	1	2	5	12	15
Min	9	8	3	3	-	-	-	-	-	-	3	6

Sumber: Dinas Pengairan dan Bina Marga Kota Batu, 2013

Tabel 5.8. Jumlah Hari Hujan Stasiun Hujan Ngujung (hari)

TAHUN	B U L A N											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1990	21	19	10	6	9	1	-	2	2	1	9	25
1991	26	20	11	24	1	-	-	-	1	-	15	16
1992	21	16	19	16	3	-	-	1	6	13	15	19
1993	22	13	10	10	-	1	-	-	-	-	13	15
1994	23	22	20	8	-	-	-	-	-	-	5	7
1995	28	20	13	7	4	3	-	-	-	6	22	7
1996	20	14	4	7	-	1	-	3	1	9	15	17
1997	20	14	4	7	-	1	-	3	1	9	6	12
1998	14	16	21	11	6	6	10	2	5	10	15	18
1999	26	17	19	11	-	1	1	1	1	8	19	19
2000	21	16	15	16	10	4	1	-	2	16	25	8
2001	18	22	21	8	4	10	2	-	2	9	14	15
2002	21	21	15	14	4	-	-	-	-	-	10	17
2003	18	23	11	2	8	1	-	-	1	5	15	19
2004	25	21	25	4	11	1	-	-	1	2	13	15
2005	16	10	16	13	2	2	4	1	2	9	8	28
2006	22	19	19	13	13	1	-	-	-	-	2	16
2007	12	15	21	18	1	3	1	-	1	6	15	19
2008	20	26	23	9	5	1	-	3	-	11	16	19
2009	26	24	9	6	16	1	-	-	1	4	10	17
2010	26	19	16	24	19	5	3	9	15	15	17	23
2011	21	17	22	13	11	3	2	-	-	3	17	21
Max	28	26	25	24	19	10	10	9	15	16	25	28
Rerata	21	18	16	11	6	2	1	1	2	6	13	17
Min	12	10	4	2	-	-	-	-	-	-	2	7

Sumber: Dinas Pengairan dan Bina Marga Kota Batu, 2013

Tabel 5.9. Jumlah Hari Hujan Stasiun Hujan Temas (hari)

TAHUN	B U L A N											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1990	26	21	17	5	6	4	1	1	-	1	5	23
1991	24	21	9	23	6	-	-	-	1	-	9	12
1992	19	15	23	15	3	-	-	2	4	10	10	21
1993	21	15	10	11	-	1	-	-	-	1	12	15
1994	26	21	18	6	-	-	-	-	-	-	2	14
1995	27	27	22	11	6	7	2	-	1	5	20	12
1996	20	16	3	11	1	-	-	2	1	7	17	15
1997	20	17	3	11	-	-	-	2	1	7	6	13
1998	11	13	20	13	7	5	13	3	6	7	15	19
1999	23	17	22	10	2	2	1	1	1	8	24	19
2000	22	13	12	16	8	4	1	-	2	13	24	7
2001	17	22	21	8	4	10	2	1	2	11	14	13
2002	20	20	12	5	3	-	-	-	1	-	8	17
2003	19	24	11	5	8	2	-	-	-	6	14	20
2004	21	20	21	3	14	1	2	-	1	1	15	16
2005	15	11	13	11	2	3	4	1	3	9	6	27
2006	20	19	16	13	14	1	-	-	-	-	1	18
2007	13	16	22	18	3	1	-	-	-	5	14	18
2008	19	22	26	7	2	2	-	-	1	8	13	19
2009	24	23	15	7	15	3	-	-	1	10	9	10
2010	22	19	16	23	18	6	3	7	12	13	14	23
2011	21	17	22	15	13	3	1	-	-	4	15	14
Max	27	27	26	23	18	10	13	7	12	13	24	27
Rerata	20	19	16	11	6	3	1	1	2	6	12	17
Min	11	11	3	3	-	-	-	-	-	-	1	7

Sumber: Dinas Pengairan dan Bina Marga Kota Batu, 2013

Tabel 5.10. Jumlah Hari Hujan Stasiun Hujan Tinjumoyo (hari)

TAHUN	B U L A N											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1990	21	18	19	6	14	2	2	2	3	1	9	28
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1992	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1993	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	21	16	21	11	2	-	-	-	-	-	8	8
1995	17	15	17	10	5	9	1	-	1	7	22	14
1996	15	11	12	8	1	5	2	2	1	8	8	12
1997	19	18	2	2	-	-	-	-	-	1	4	9
1998	11	11	16	14	9	7	5	6	4	7	13	19
1999	29	17	19	12	4	2	2	-	-	9	22	18
2000	22	17	20	17	8	6	1	-	1	16	25	6
2001	17	23	21	11	4	13	3	-	4	15	14	12
2002	20	20	13	13	5	-	-	-	1	-	9	22
2003	18	22	13	4	6	1	-	-	-	8	15	14
2004	21	22	18	3	11	1	-	-	1	2	15	16
2005	13	9	14	9	-	2	2	1	4	10	7	24
2006	24	18	21	16	18	1	-	-	-	-	1	21
2007	11	17	23	19	4	3	2	-	-	6	10	19
2008	18	23	21	9	5	2	-	2	1	8	13	17
2009	26	24	15	10	8	2	-	-	1	2	11	12
2010	23	25	14	22	18	3	4	11	8	12	13	18
2011	21	21	23	21	14	5	6	-	2	3	21	25
Max	29	25	23	22	18	13	6	11	8	16	25	28
Rerata	17	16	15	10	6	3	1	1	1	5	11	14
Min	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Sumber: Dinas Pengairan dan Bina Marga Kota Batu, 2013

Berdasarkan data jumlah hari hujan yang tersebut pada Tabel 5.7 – Tabel 5.10, maka untuk memperoleh jumlah hari hujan rerata pada suatu wilayah DAS maupun Sub DAS dari beberapa stasiun hujan, dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$h_{\text{Thiessen}} = \Sigma (\text{jumlah hari dalam sebulan} \times \text{prosentase luas stasiun hujan})$$

Dengan:

h_{Thiessen} : jumlah hari hujan rerata Thiessen (hari)

Perhitungan:

Contoh perhitungan jumlah hari hujan rerata ini diambil pada pada bulan Januari tahun 1990 pada masing-masing stasiun hujan sesuai prosentase luas area, seperti perhitungan di bawah ini:

Tahun 1990 (Januari)

No	Stasiun	Jumlah Hari Hujan (hari)	Prosentase Luas Area (%)
1	Ngaglik	26	20,58
2	Ngujung	21	12,55
3	Temas	26	12,95
4	Tinjumoyo	21	53,91

$$\begin{aligned}
 P_{\text{Thie}} (\text{Januari } 1990) &= (26 \text{ hari} \times 20,58 \%) + (21 \text{ hari} \times 12,55 \%) + (26 \text{ hari} \times 12,95 \%) + (21 \text{ hari} \times 53,91 \%) \\
 &= 23 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut diketahui jumlah hari hujan rerata Kota Batu pada bulan Januari sebanyak 23 hari.

Selanjutnya untuk mengetahui hasil perhitungan secara keseluruhan jumlah hari hujan rata-rata bulanan Kota Batu setiap tahunnya dapat dilihat pada Tabel 5.11 di bawah ini:

Tabel 5.11. Jumlah Hari Hujan Rerata Wilayah (hari)

TAHUN	B U L A N											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1990	22,7	19,1	17,2	5,7	10,9	2,8	1,4	1,7	1,9	1,0	7,7	25,9
1991	11,1	9,6	4,4	10,7	2,1	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	4,9	6,0
1992	9,2	7,0	10,1	7,0	1,4	0,0	0,0	0,8	2,1	5,0	6,3	9,0
1993	9,8	6,0	4,6	4,9	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,3	6,1	6,7
1994	22,5	17,6	19,9	8,9	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2	8,4
1995	21,1	18,4	16,1	9,3	4,8	7,2	1,0	0,0	0,9	6,2	21,3	11,6
1996	17,3	12,8	8,2	7,6	1,1	2,8	1,3	2,3	1,0	7,8	11,3	13,2
1997	19,5	17,4	2,6	4,8	0,0	0,1	0,0	0,6	0,3	2,6	4,9	10,3
1998	11,4	12,5	18,0	13,3	8,0	6,2	6,9	4,5	4,8	7,4	14,1	19,1
1999	26,8	16,4	19,0	12,0	2,6	2,5	1,7	0,5	0,3	8,5	20,4	18,0
2000	20,8	15,9	16,5	16,5	8,3	5,3	1,0	0,0	1,5	15,2	24,0	6,4
2001	17,7	22,3	21,4	9,6	4,0	11,2	2,7	0,1	3,1	13,1	13,8	12,5
2002	19,7	19,7	12,7	12,1	4,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	8,4	19,3
2003	18,5	22,4	11,9	4,3	6,5	1,3	0,0	0,0	0,1	7,0	14,7	15,2
2004	21,1	21,8	21,1	3,1	11,2	1,2	0,9	0,0	1,0	2,1	14,5	15,9
2005	13,4	9,2	14,3	10,8	0,5	1,9	2,7	1,0	3,6	10,0	7,2	25,3
2006	22,8	18,3	19,5	14,6	16,2	1,0	0,0	0,0	0,2	0,2	1,5	19,8
2007	11,0	16,8	22,4	19,0	3,1	2,5	1,6	0,2	0,3	5,7	11,8	18,7
2008	18,6	24,3	22,5	8,7	4,6	1,7	0,0	1,9	0,9	6,7	13,6	17,7
2009	26,2	24,3	14,2	8,9	11,4	2,2	0,0	0,0	1,0	3,3	10,2	12,4
2010	23,9	23,1	14,3	22,6	18,1	3,8	3,5	9,6	10,2	12,9	13,6	19,7
2011	21,0	19,6	22,3	17,4	12,5	4,3	3,8	0,0	1,1	2,7	18,1	20,8
Max	27	24	23	23	18	11	7	10	10	15	24	26
Rerata	18	17	15	11	6	3	1	1	2	5	12	15
Min	9	6	3	3	-	-	-	-	-	-	2	6

Sumber: Hasil Perhitungan

5.2 Analisis Suhu

Dalam penelitian ini hanya diperoleh nilai temperatur bulanan berdasar data klimatologi dari stasiun klimatologi Karang plosa, sehingga untuk menganalisis suhu dapat menggunakan Metode Thornthwaite. Berikut ini merupakan data suhu yang diperoleh dari stasiun klimatologi Karang plosa.

Tabel 5.12. Suhu Tahunan

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1990	22,8	23,0	23,1	23,6	23,6	22,9	22,1	22,3	22,7	23,4	24,2	23,4
1991	23,2	23,6	23,0	23,1	22,9	22,3	21,6	21,1	23,4	25,0	22,9	23,6
1992	22,9	23,4	23,2	23,8	23,8	22,7	21,5	22,2	22,9	23,5	23,4	23,0
1993	23,4	23,0	23,1	22,6	23,5	23,3	21,5	22,4	22,7	23,6	23,6	23,6
1994	22,4	23,1	22,9	23,1	21,7	21,5	23,0	20,3	20,5	23,9	24,8	24,0
1995	23,2	23,0	23,2	23,3	23,1	23,4	22,1	23,4	23,0	24,2	23,5	23,0
1996	22,8	22,9	23,4	23,3	23,1	23,1	22,3	22,5	22,9	23,9	23,4	23,4
1997	23,2	22,9	23,4	23,4	23,5	22,7	21,7	21,7	22,7	23,9	25,3	24,2
1998	24,4	24,3	23,9	24,6	24,6	24,1	25,5	25,2	24,8	24,6	24,3	23,4
1999	25,5	23,8	23,4	23,4	23,3	22,7	21,7	22,2	23,3	24,0	23,7	25,6
2000	23,6	23,6	23,8	23,6	23,7	22,6	21,8	22,2	23,6	23,7	23,8	23,7
2001	23,5	23,5	23,6	23,8	23,4	23,1	22,3	21,9	25,2	23,9	24,2	23,4
2002	23,6	23,9	23,7	23,9	23,8	22,7	22,2	21,5	22,7	24,7	25,0	24,4
2003	23,7	23,8	23,8	24,2	23,6	22,9	21,0	22,1	23,2	24,0	24,2	23,4
2004	23,7	23,8	23,2	24,3	23,7	22,5	22,5	21,9	23,2	24,3	24,7	23,8
2005	23,8	24,0	24,0	23,8	23,6	23,6	22,5	22,4	23,6	24,2	24,0	23,2
2006	23,9	23,5	23,6	23,8	23,5	22,1	21,8	21,5	22,3	24,2	25,4	24,8
2007	23,8	23,7	23,5	23,8	23,8	23,1	22,2	21,7	22,7	24,4	23,9	23,6
2008	23,6	23,6	23,1	23,6	23,1	22,4	21,5	22,1	23,2	24,7	24,2	23,3
2009	23,5	23,5	23,7	24,3	23,9	23,0	22,1	22,3	23,3	24,4	24,9	24,3
2010	23,8	24,0	24,3	23,9	24,5	23,7	23,2	23,4	23,8	24,1	24,4	23,8
2011	24,1	23,9	23,3	23,4	23,5	22,1	22,0	21,9	22,8	24,3	24,0	24,0
2012	23,5	23,5	23,8	23,8	23,7	22,7	21,6	21,7	23,0	24,6	24,7	23,8
Rerata	23,6	23,5	23,5	23,7	23,5	22,8	22,2	22,2	23,1	24,1	24,2	23,8
Maks	25,5	24,3	24,3	24,6	24,6	24,1	25,5	25,2	25,2	25,0	25,4	25,6
Min	22,4	22,9	22,9	22,6	21,7	21,5	21,0	20,3	20,5	23,4	22,9	23,0

Sumber: BMKG Karangplosa, 2013

Karena lokasi stasiun klimatologi Karangploso yang letaknya jauh dari lokasi penelitian, maka perlu dilakukan konversi suhu pada lokasi penelitian untuk mendapat suhu yang mendekati kenyataan. Ada beberapa parameter yang mempengaruhi nilai konversi suhu diantaranya yaitu:

5.2.1 Perbedaan Suhu Antara stasiun Penakaran Hujan

Dalam pendugaan suhu pada stasiun hujan terdekat dilakukan dengan mempertimbangkan faktor ketinggian tempat. Semakin tinggi letak suatu kawasan, maka berpengaruh terhadap kelembaban suhu setempat. Untuk mengetahui suhu sesungguhnya di suatu kawasan dilakukan perhitungan menggunakan metode Mock (1973), dengan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta t = 0,006 (z_1 - z_2) \text{ } ^\circ\text{C}$$

Dengan :

Δt = perbedaan suhu antara stasiun pengukuran dengan stasiun pengukuran yang dianalisa ($^\circ\text{C}$)

z_1 = elevasi stasiun pengukuran suhu (m)

z_2 = elevasi stasiun hujan yang dianalisa (m)

Stasiun klimatologi Karangploso menjadi acuan dalam menentukan perbedaan suhu dengan ketinggian 575 m diatas permukaan laut (dpl). Hal ini dikarenakan stasiun tersebut merupakan pedoman pengukuran suhu untuk kawasan Malang Raya yang memiliki ketinggian lebih rendah dibanding stasiun hujan lainnya seperti stasiun hujan Ngaglik, Ngunjung, Temas dan Tinjumoyo berturut-turut adalah 887 m, 1136 m, 877 m dan 1000 m. Dengan demikian dapat dianalisis perbedaan suhu pada masing-masing lokasi hujan lainnya. Berikut ini merupakan perhitungan perbedaan suhu (Δt) pada masing-masing stasiun hujan:

Perhitungan:

Contoh perhitungan perbedaan suhu berikut memilih lokasi stasiun hujan Ngaglik dengan data sebagai berikut:

- Ketinggian stasiun klimatologi Karangploso = 575 m

- Ketinggian stasiun hujan Ngaglik = 887 m, maka diperoleh perbedaan suhu antara stasiun klimatologi Karangploso dan Ngaglik adalah sebagai berikut:
 - Δt Ngaglik = $0,006 (575 - 887)$
= $-1,872 ^\circ\text{C}$

Untuk hasil perhitungan perbedaan suhu masing-masing stasiun hujan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.13 di bawah ini:

Tabel 5.13. Perbedaan Suhu

NO	POS HUJAN	Z (m)	$\Delta t (^\circ\text{C})$
	Karangploso	575	0,000
1	Ngaglik	887	-1,872
2	Ngunjung	1136	-3,366
3	Temas	877	-1,812
4	Tinjumoyo	1000	-2,550

Sumber: Hasil Perhitungan

5.2.2 Pendugaan Suhu Stasiun Hujan

Dari hasil perhitungan perbedaan suhu pada masing-masing stasiun hujan, maka dapat dihitung suhu yang mendekati kenyataan di lapangan dengan persamaan sebagai berikut:

Suhu Real = Suhu stasiun klimatologi + perbedaan suhu (Δt).

Untuk contoh perhitungan suhu di suatu kawasan mengambil stasiun hujan Ngaglik pada Bulan Januari tahun 1990 yang dikonversikan terhadap suhu rata-rata bulanan pada stasiun klimatologi Karangploso pada Tabel 5.12.

a. Stasiun Hujan Ngaglik

Berdasarkan Tabel 5.12 diketahui perbedaan suhu (Δt) pada stasiun hujan Ngaglik terhadap stasiun klimatologi Karangploso adalah $-1,872 ^\circ\text{C}$, maka hasil pendugaan suhu pada stasiun hujan Ngaglik pada Januari 1990 adalah:

$$\begin{aligned}
 &= \text{Suhu} + \Delta t \\
 &= 22,8 ^\circ\text{C} + (-1,872 ^\circ\text{C}) \\
 &= 20,9 ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan tersebut diketahui bahwa suhu rata-rata di daerah Malang Raya pada bulan Januari 1990 berkisar pada 22,8 °C. Hal ini berbeda jika dibandingkan dengan suhu pada lokasi penelitian yaitu 20,9 °C lebih dingin dari suhu rata-rata Malang Raya. Tabel 5.14 berikut merupakan hasil selengkapanya pendugaan suhu pada stasiun hujan Ngaglik.

Tabel 5.14. Pendugaan Suhu Stasiun Hujan Ngaglik (Tm) °C

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1990	21	21	21	22	22	21	20	20	21	22	22	22
1991	21	22	21	21	21	20	20	19	22	23	21	22
1992	21	22	21	22	22	21	20	20	21	22	22	21
1993	22	21	21	21	22	21	20	21	21	22	22	22
1994	21	21	21	21	20	20	21	18	19	22	23	22
1995	21	21	21	21	21	22	20	22	21	22	22	21
1996	21	21	22	21	21	21	20	21	21	22	22	22
1997	21	21	22	22	22	21	20	20	21	22	23	22
1998	23	22	22	23	23	22	24	23	23	23	22	22
1999	24	22	22	22	21	21	20	20	21	22	22	24
2000	22	22	22	22	22	21	20	20	22	22	22	22
2001	22	22	22	22	22	21	20	20	23	22	22	22
2002	22	22	22	22	22	21	20	20	21	23	23	23
2003	22	22	22	22	22	21	19	20	21	22	22	22
2004	22	22	21	22	22	21	21	20	21	22	23	22
2005	22	22	22	22	22	22	21	21	22	22	22	21
2006	22	22	22	22	22	20	20	20	20	22	24	23
2007	22	22	22	22	22	21	20	20	21	23	22	22
2008	22	22	21	22	21	21	20	20	21	23	22	21
2009	22	22	22	22	22	21	20	20	21	23	23	22
2010	22	22	22	22	23	22	21	21	22	22	23	22
2011	22	22	21	22	22	20	20	20	21	22	22	22

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
2012	22	22	22	22	22	21	20	20	21	23	23	22
Rerata	22	22	22	22	22	21	20	20	21	22	22	22
Maks	24	22	22	23	23	22	24	23	23	23	24	24
Min	21	21	21	21	20	20	19	18	19	22	21	21

Sumber: Hasil Perhitungan

b. Stasiun Hujan Ngujung

Tabel 5.15. Pendugaan Suhu Stasiun Hujan Ngujung (Tm) °C

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1990	19	20	20	20	20	20	19	19	19	20	21	20
1991	20	20	20	20	20	19	18	18	20	22	20	20
1992	20	20	20	20	20	19	18	19	20	20	20	20
1993	20	20	20	19	20	20	18	19	19	20	20	20
1994	19	20	20	20	18	18	20	17	17	21	21	21
1995	20	20	20	20	20	20	19	20	20	21	20	20
1996	19	20	20	20	20	20	19	19	20	21	20	20
1997	20	20	20	20	20	19	18	18	19	21	22	21
1998	21	21	21	21	21	21	22	22	21	21	21	20
1999	22	20	20	20	20	19	18	19	20	21	20	22
2000	20	20	20	20	20	19	18	19	20	20	20	20
2001	20	20	20	20	20	20	19	19	22	21	21	20
2002	20	21	20	21	20	19	19	18	19	21	22	21
2003	20	20	20	21	20	20	18	19	20	21	21	20
2004	20	20	20	21	20	19	19	19	20	21	21	20
2005	20	21	21	20	20	20	19	19	20	21	21	20
2006	21	20	20	20	20	19	18	18	19	21	22	21
2007	20	20	20	20	20	20	19	18	19	21	21	20
2008	20	20	20	20	20	19	18	19	20	21	21	20
2009	20	20	20	21	21	20	19	19	20	21	22	21

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
2010	20	21	21	20	21	20	20	20	20	21	21	20
2011	21	21	20	20	20	19	19	19	19	21	21	21
2012	20	20	20	20	20	19	18	18	20	21	21	20
Rerata	20	20	20	20	20	19	19	19	20	21	21	20
Maks	22	21	21	21	21	21	22	22	22	22	22	22
Min	19	20	20	19	18	18	18	17	17	20	20	20

Sumber: Hasil Perhitungan

c. Stasiun Hujan Temas

Tabel 5.16. Pendugaan Suhu Stasiun Hujan Temas (Tm) °C

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1990	21	21	21	22	22	21	20	20	21	22	22	22
1991	21	22	21	21	21	20	20	19	22	23	21	22
1992	21	22	21	22	22	21	20	20	21	22	22	21
1993	22	21	21	21	22	21	20	21	21	22	22	22
1994	21	21	21	21	20	20	21	18	19	22	23	22
1995	21	21	21	21	21	22	20	22	21	22	22	21
1996	21	21	22	21	21	21	20	21	21	22	22	22
1997	21	21	22	22	22	21	20	20	21	22	23	22
1998	23	22	22	23	23	22	24	23	23	23	22	22
1999	24	22	22	22	21	21	20	20	21	22	22	24
2000	22	22	22	22	22	21	20	20	22	22	22	22
2001	22	22	22	22	22	21	20	20	23	22	22	22
2002	22	22	22	22	22	21	20	20	21	23	23	23
2003	22	22	22	22	22	21	19	20	21	22	22	22
2004	22	22	21	22	22	21	21	20	21	22	23	22
2005	22	22	22	22	22	22	21	21	22	22	22	21
2006	22	22	22	22	22	20	20	20	20	22	24	23
2007	22	22	22	22	22	21	20	20	21	23	22	22

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
2008	22	22	21	22	21	21	20	20	21	23	22	21
2009	22	22	22	22	22	21	20	20	21	23	23	22
2010	22	22	23	22	23	22	21	22	22	22	23	22
2011	22	22	22	22	22	20	20	20	21	22	22	22
2012	22	22	22	22	22	21	20	20	21	23	23	22
Rerata	22	22	22	22	22	21	20	20	21	22	22	22
Maks	24	22	23	23	23	22	24	23	23	23	24	24
Min	21	21	21	21	20	20	19	18	19	22	21	21

Sumber: Hasil Perhitungan

d. Stasiun Hujan Tinjumoyo

Tabel 5.17. Pendugaan Suhu Stasiun Hujan Tinjumoyo (Tm) °C

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1990	20	20	21	21	21	20	20	20	20	21	22	21
1991	21	21	20	21	20	20	19	19	21	22	20	21
1992	20	21	21	21	21	20	19	20	20	21	21	20
1993	21	20	21	20	21	21	19	20	20	21	21	21
1994	20	21	20	21	19	19	20	18	18	21	22	21
1995	21	20	21	21	21	21	20	21	20	22	21	20
1996	20	20	21	21	21	21	20	20	20	21	21	21
1997	21	20	21	21	21	20	19	19	20	21	23	22
1998	22	22	21	22	22	22	23	23	22	22	22	21
1999	23	21	21	21	21	20	19	20	21	21	21	23
2000	21	21	21	21	21	20	19	20	21	21	21	21
2001	21	21	21	21	21	21	20	19	23	21	22	21
2002	21	21	21	21	21	20	20	19	20	22	22	22
2003	21	21	21	22	21	20	18	20	21	21	22	21
2004	21	21	21	22	21	20	20	19	21	22	22	21
2005	21	21	21	21	21	21	20	20	21	22	21	21

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
2006	21	21	21	21	21	20	19	19	20	22	23	22
2007	21	21	21	21	21	21	20	19	20	22	21	21
2008	21	21	21	21	21	20	19	20	21	22	22	21
2009	21	21	21	22	21	20	20	20	21	22	22	22
2010	21	21	22	21	22	21	21	21	21	22	22	21
2011	22	21	21	21	21	20	19	19	20	22	21	21
2012	21	21	21	21	21	20	19	19	20	22	22	21
Rerata	21	21	21	21	21	20	20	20	21	22	22	21
Maks	23	22	22	22	22	22	23	23	23	22	23	23
Min	20	20	20	20	19	19	18	18	18	21	20	20

Sumber: Hasil Perhitungan

5.3 Evapotranspirasi Potensial (ET_o)

Evapotranspirasi potensial adalah nilai yang menggambarkan kebutuhan lingkungan, varian vegetasi, atau kawasan pertanian untuk melakukan evapotranspirasi. Dalam penelitian ini digunakan metode Thornthwaite dimana nilai evapotranspirasi potensial (ET_o) dipengaruhi oleh temperatur udara, intensitas penyinaran matahari dan letak koordinat. Metode ini mengusulkan perhitungan evapotranspirasi potensial dari data suhu udara rata-rata bulanan, standar bulan 30 hari dan jam penyinarannya 12 jam. Adapun persamaan adalah sebagai berikut:

$$ET_{o_x} = 16 \times \left(\frac{10 T_m}{I} \right)^a$$

$$ET_o = f \times ET_{o_x}$$

$$I = \sum_{m=1}^{12} \left(\frac{T_m}{5} \right)^{1,514}$$

$$a = (6,75 \cdot 10^{-7}) \cdot I^3 - (7,71 \cdot 10^{-5}) \cdot I^2 + (1,792 \cdot 10^{-2}) \cdot I + 0,49239$$

Dengan :

T_m = suhu udara rata-rata bulanan ($^{\circ}\text{C}$)

f = Koefisien penyesuaian hubungan antara jumlah jam dan hari terang berdasarkan lokasi (Tabel 2.3)

I = indeks panas tahunan

ET_{ox} = Evapotranspirasi potensial yang belum disesuaikan faktor f (mm/bulan)

ET_o = Evapotranspirasi potensial (mm/bulan)

5.3.1 Indeks Panas Tahunan (I)

Dengan melakukan perhitungan sesuai persamaan (2.4), maka nilai indeks panas tahunan (I) masing-masing stasiun hujan dapat diketahui dengan menentukan terlebih dahulu indeks panas bulanan yang kemudian dijumlahkan dalam setahun. Berikut ini merupakan perhitungan nilai I masing-masing stasiun hujan.

a. Stasiun Hujan Ngaglik

Berdasarkan pendugaan suhu pada stasiun hujan Ngaglik pada Tabel 5.14, maka nilai indeks panas bulanan (i) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$I = \left(\frac{T_m}{5} \right)^{1,514}$$

Misalkan dilakukan perhitungan pada tahun 1990, maka diperoleh nilai indeks bulanan (i) sebagai berikut:

- Januari tahun 1990

$$I = \left(\frac{21}{5} \right)^{1,514}$$

$$I = 8,74$$

Untuk memperoleh nilai indeks panas tahunan (I) dilakukan komulatif nilai indeks bulanan per tahunnya. Berikut ini merupakan penjelasan lebih lanjut mengenai nilai indeks panas bulanan pada Stasiun Hujan Ngaglik seperti terlihat pada tabel di bawah ini:

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN
1990	8,74	8,86	8,93	9,25	9,25	8,80

lanjutan

TAHUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES	I
1990	8,30	8,42	8,67	9,12	9,64	9,12	107,09

Sumber: Hasil Perhitungan

Langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai a sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 a &= (6,75 \cdot 10^{-7}) \cdot I^3 - (7,71 \cdot 10^{-5}) \cdot I^2 + (1,792 \cdot 10^{-2}) \cdot I + 0,49239 \\
 &= (6,75 \cdot 10^{-7}) \cdot 107,09^3 - (7,71 \cdot 10^{-5}) \cdot 107,09^2 + (1,792 \cdot 10^{-2}) \cdot 107,09 \\
 &\quad + 0,49239 \\
 &= 2,36
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan hasil selengkapnya analisa indeks panas tahunan (I) dan nilai a setiap tahunnya

Tabel 5.18. Nilai Indeks Panas Tahunan (I) dan Nilai a Stasiun Hujan Ngaglik

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES	I	a
1990	8,74	8,86	8,93	9,25	9,25	8,80	8,30	8,42	8,67	9,12	9,64	9,12	107,09	2,36
1991	8,99	9,25	8,86	8,93	8,80	8,42	7,99	7,68	9,12	10,16	8,80	9,25	106,25	2,34
1992	8,80	9,12	8,99	9,38	9,38	8,67	7,93	8,36	8,80	9,18	9,12	8,86	106,59	2,34
1993	9,12	8,86	8,93	8,61	9,18	9,05	7,93	8,49	8,67	9,25	9,25	9,25	106,58	2,34
1994	8,49	8,93	8,80	8,93	8,05	7,93	8,86	7,21	7,32	9,44	10,03	9,51	103,49	2,27
1995	8,99	8,86	8,99	9,05	8,93	9,12	8,30	9,12	8,86	9,64	9,18	8,86	107,91	2,38
1996	8,74	8,80	9,12	9,05	8,93	8,93	8,42	8,55	8,80	9,44	9,12	9,12	107,01	2,35
1997	8,99	8,80	9,12	9,12	9,18	8,67	8,05	8,05	8,67	9,44	10,36	9,64	108,10	2,38
1998	9,77	9,70	9,44	9,90	9,90	9,57	10,50	10,30	10,03	9,90	9,70	9,12	117,83	2,64
1999	10,50	9,38	9,12	9,12	9,05	8,67	8,05	8,36	9,05	9,51	9,31	10,57	110,69	2,45
2000	9,25	9,25	9,38	9,25	9,31	8,61	8,11	8,36	9,25	9,31	9,38	9,31	108,76	2,40
2001	9,18	9,18	9,25	9,38	9,12	8,93	8,42	8,17	10,30	9,44	9,64	9,12	110,12	2,43
2002	9,25	9,44	9,31	9,44	9,38	8,67	8,36	7,93	8,67	9,97	10,16	9,77	110,35	2,44
2003	9,31	9,38	9,38	9,64	9,25	8,80	7,62	8,30	8,99	9,51	9,64	9,12	108,92	2,40
2004	9,31	9,38	8,99	9,70	9,31	8,55	8,55	8,17	8,99	9,70	9,97	9,38	110,00	2,43

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES	I	a
2005	9,38	9,51	9,51	9,38	9,25	9,25	8,55	8,49	9,25	9,64	9,51	8,99	110,67	2,45
2006	9,44	9,18	9,25	9,38	9,18	8,30	8,11	7,93	8,42	9,64	10,43	10,03	109,29	2,41
2007	9,38	9,31	9,18	9,38	9,38	8,93	8,36	8,05	8,67	9,77	9,44	9,25	109,09	2,41
2008	9,25	9,25	8,93	9,25	8,93	8,49	7,93	8,30	8,99	9,97	9,64	9,05	107,95	2,38
2009	9,18	9,18	9,31	9,70	9,44	8,86	8,30	8,42	9,05	9,77	10,10	9,70	111,03	2,46
2010	9,38	9,47	9,72	9,42	9,86	9,34	8,98	9,10	9,35	9,54	9,77	9,38	113,32	2,52
2011	9,56	9,45	9,08	9,13	9,21	8,32	8,22	8,17	8,76	9,69	9,54	9,49	108,61	2,39
2012	9,20	9,20	9,35	9,38	9,29	8,68	8,02	8,03	8,87	9,90	9,98	9,40	109,29	2,41

Sumber: Hasil Perhitungan

b. Stasiun Hujan Ngujung

Tabel 5.19. Nilai Indeks Panas Tahunan dan Nilai a Stasiun Hujan Ngujung

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES	I	a
1990	7,81	7,93	7,99	8,30	8,30	7,87	7,39	7,51	7,75	8,18	8,68	8,18	95,89	2,10
1991	8,05	8,30	7,93	7,99	7,87	7,51	7,09	6,80	8,18	9,19	7,87	8,30	95,09	2,08
1992	7,87	8,18	8,05	8,43	8,43	7,75	7,03	7,45	7,87	8,24	8,18	7,93	95,41	2,09
1993	8,18	7,93	7,99	7,69	8,24	8,12	7,03	7,57	7,75	8,30	8,30	8,30	95,40	2,09
1994	7,57	7,99	7,87	7,99	7,15	7,03	7,93	6,34	6,45	8,49	9,06	8,55	92,43	2,02
1995	8,05	7,93	8,05	8,12	7,99	8,18	7,39	8,18	7,93	8,68	8,24	7,93	96,67	2,11
1996	7,81	7,87	8,18	8,12	7,99	7,99	7,51	7,63	7,87	8,49	8,18	8,18	95,81	2,10
1997	8,05	7,87	8,18	8,18	8,24	7,75	7,15	7,15	7,75	8,49	9,38	8,68	96,87	2,12
1998	8,80	8,74	8,49	8,93	8,93	8,61	9,51	9,32	9,06	8,93	8,74	8,18	106,24	2,34
1999	9,51	8,43	8,18	8,18	8,12	7,75	7,15	7,45	8,12	8,55	8,36	9,58	99,36	2,17
2000	8,30	8,30	8,43	8,30	8,36	7,69	7,21	7,45	8,30	8,36	8,43	8,36	97,50	2,13
2001	8,24	8,24	8,30	8,43	8,18	7,99	7,51	7,27	9,32	8,49	8,68	8,18	98,81	2,16
2002	8,30	8,49	8,36	8,49	8,43	7,75	7,45	7,03	7,75	8,99	9,19	8,80	99,03	2,17
2003	8,36	8,43	8,43	8,68	8,30	7,87	6,74	7,39	8,05	8,55	8,68	8,18	97,66	2,14
2004	8,36	8,43	8,05	8,74	8,36	7,63	7,63	7,27	8,05	8,74	8,99	8,43	98,69	2,16
2005	8,43	8,55	8,55	8,43	8,30	8,30	7,63	7,57	8,30	8,68	8,55	8,05	99,34	2,17
2006	8,49	8,24	8,30	8,43	8,24	7,39	7,21	7,03	7,51	8,68	9,45	9,06	98,01	2,14
2007	8,43	8,36	8,24	8,43	8,43	7,99	7,45	7,15	7,75	8,80	8,49	8,30	97,82	2,14
2008	8,30	8,30	7,99	8,30	7,99	7,57	7,03	7,39	8,05	8,99	8,68	8,12	96,72	2,12
2009	8,24	8,24	8,36	8,74	8,49	7,93	7,39	7,51	8,12	8,80	9,12	8,74	99,68	2,18

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES	I	a
2010	8,43	8,52	8,76	8,46	8,90	8,39	8,04	8,16	8,40	8,58	8,81	8,43	101,89	2,23
2011	8,60	8,49	8,14	8,19	8,26	7,41	7,31	7,26	7,83	8,73	8,58	8,54	97,35	2,13
2012	8,25	8,26	8,40	8,43	8,34	7,75	7,12	7,13	7,94	8,93	9,01	8,45	98,01	2,14

Sumber: Hasil Perhitungan

c. Stasiun Hujan Temas

Tabel 5.20. Nilai Indeks Panas Tahunan dan Nilai a Stasiun Hujan Temas

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES	I	a
1990	8,77	8,90	8,97	9,29	9,29	8,84	8,34	8,46	8,71	9,16	9,68	9,16	107,55	2,37
1991	9,03	9,29	8,90	8,97	8,84	8,46	8,03	7,72	9,16	10,20	8,84	9,29	106,71	2,35
1992	8,84	9,16	9,03	9,42	9,42	8,71	7,96	8,40	8,84	9,22	9,16	8,90	107,05	2,36
1993	9,16	8,90	8,97	8,65	9,22	9,09	7,96	8,52	8,71	9,29	9,29	9,29	107,04	2,36
1994	8,52	8,97	8,84	8,97	8,09	7,96	8,90	7,24	7,36	9,48	10,07	9,55	103,94	2,28
1995	9,03	8,90	9,03	9,09	8,97	9,16	8,34	9,16	8,90	9,68	9,22	8,90	108,37	2,39
1996	8,77	8,84	9,16	9,09	8,97	8,97	8,46	8,59	8,84	9,48	9,16	9,16	107,47	2,37
1997	9,03	8,84	9,16	9,16	9,22	8,71	8,09	8,09	8,71	9,48	10,40	9,68	108,56	2,39
1998	9,81	9,74	9,48	9,94	9,94	9,61	10,54	10,34	10,07	9,94	9,74	9,16	118,30	2,65
1999	10,54	9,42	9,16	9,16	9,09	8,71	8,09	8,40	9,09	9,55	9,35	10,61	111,15	2,46
2000	9,29	9,29	9,42	9,29	9,35	8,65	8,15	8,40	9,29	9,35	9,42	9,35	109,22	2,41
2001	9,22	9,22	9,29	9,42	9,16	8,97	8,46	8,21	10,34	9,48	9,68	9,16	110,59	2,44
2002	9,29	9,48	9,35	9,48	9,42	8,71	8,40	7,96	8,71	10,00	10,20	9,81	110,81	2,45
2003	9,35	9,42	9,42	9,68	9,29	8,84	7,66	8,34	9,03	9,55	9,68	9,16	109,38	2,41
2004	9,35	9,42	9,03	9,74	9,35	8,59	8,59	8,21	9,03	9,74	10,00	9,42	110,46	2,44
2005	9,42	9,55	9,55	9,42	9,29	9,29	8,59	8,52	9,29	9,68	9,55	9,03	111,14	2,46
2006	9,48	9,22	9,29	9,42	9,22	8,34	8,15	7,96	8,46	9,68	10,47	10,07	109,75	2,42
2007	9,42	9,35	9,22	9,42	9,42	8,97	8,40	8,09	8,71	9,81	9,48	9,29	109,55	2,42
2008	9,29	9,29	8,97	9,29	8,97	8,52	7,96	8,34	9,03	10,00	9,68	9,09	108,41	2,39
2009	9,22	9,22	9,35	9,74	9,48	8,90	8,34	8,46	9,09	9,81	10,14	9,74	111,49	2,47
2010	9,42	9,51	9,76	9,45	9,90	9,38	9,02	9,14	9,39	9,58	9,81	9,42	113,78	2,53
2011	9,60	9,49	9,12	9,17	9,24	8,36	8,26	8,21	8,79	9,73	9,57	9,53	109,07	2,41
2012	9,24	9,24	9,39	9,41	9,33	8,71	8,05	8,07	8,91	9,94	10,02	9,44	109,75	2,42

Sumber: Hasil Perhitungan

d. Stasiun Hujan Tinjumoyo

Tabel 5.21. Nilai Indeks Panas Tahunan dan Nilai a Stasiun Hujan Tinjumoyo

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES	I	A
1990	8,31	8,44	8,50	8,81	8,81	8,37	7,88	8,00	8,25	8,69	9,20	8,69	101,95	2,23
1991	8,56	8,81	8,44	8,50	8,37	8,00	7,58	7,28	8,69	9,72	8,37	8,81	101,13	2,21
1992	8,37	8,69	8,56	8,94	8,94	8,25	7,52	7,94	8,37	8,75	8,69	8,44	101,46	2,22
1993	8,69	8,44	8,50	8,19	8,75	8,62	7,52	8,06	8,25	8,81	8,81	8,81	101,46	2,22
1994	8,06	8,50	8,37	8,50	7,64	7,52	8,44	6,81	6,92	9,00	9,59	9,07	98,42	2,15
1995	8,56	8,44	8,56	8,62	8,50	8,69	7,88	8,69	8,44	9,20	8,75	8,44	102,76	2,25
1996	8,31	8,37	8,69	8,62	8,50	8,50	8,00	8,13	8,37	9,00	8,69	8,69	101,88	2,23
1997	8,56	8,37	8,69	8,69	8,75	8,25	7,64	7,64	8,25	9,00	9,91	9,20	102,95	2,26
1998	9,33	9,26	9,00	9,46	9,46	9,13	10,05	9,85	9,59	9,46	9,26	8,69	112,52	2,49
1999	10,05	8,94	8,69	8,69	8,62	8,25	7,64	7,94	8,62	9,07	8,88	10,11	105,50	2,32
2000	8,81	8,81	8,94	8,81	8,88	8,19	7,70	7,94	8,81	8,88	8,94	8,88	103,60	2,27
2001	8,75	8,75	8,81	8,94	8,69	8,50	8,00	7,76	9,85	9,00	9,20	8,69	104,94	2,30
2002	8,81	9,00	8,88	9,00	8,94	8,25	7,94	7,52	8,25	9,52	9,72	9,33	105,16	2,31
2003	8,88	8,94	8,94	9,20	8,81	8,37	7,22	7,88	8,56	9,07	9,20	8,69	103,76	2,28
2004	8,88	8,94	8,56	9,26	8,88	8,13	8,13	7,76	8,56	9,26	9,52	8,94	104,81	2,30
2005	8,94	9,07	9,07	8,94	8,81	8,81	8,13	8,06	8,81	9,20	9,07	8,56	105,48	2,32
2006	9,00	8,75	8,81	8,94	8,75	7,88	7,70	7,52	8,00	9,20	9,98	9,59	104,12	2,28
2007	8,94	8,88	8,75	8,94	8,94	8,50	7,94	7,64	8,25	9,33	9,00	8,81	103,92	2,28
2008	8,81	8,81	8,50	8,81	8,50	8,06	7,52	7,88	8,56	9,52	9,20	8,62	102,80	2,25
2009	8,75	8,75	8,88	9,26	9,00	8,44	7,88	8,00	8,62	9,33	9,65	9,26	105,83	2,33
2010	8,95	9,04	9,28	8,98	9,42	8,91	8,55	8,67	8,91	9,10	9,33	8,95	108,08	2,38
2011	9,12	9,01	8,65	8,70	8,77	7,91	7,81	7,75	8,33	9,25	9,10	9,05	103,45	2,27
2012	8,76	8,77	8,92	8,94	8,85	8,25	7,60	7,62	8,45	9,46	9,53	8,96	104,12	2,28

Sumber: Hasil Perhitungan

5.3.2 Evapotranspirasi Potensial Belum Disesuaikan Garis Bujur Dan Bulan (ET_{0x})

Sebelum mendapatkan nilai Evapotranspirasi Potensial (ET₀) yang sesuai kondisi sesungguhnya di suatu kawasan tertentu, maka nilai ET₀ harus di konversikan terlebih dahulu terhadap nilai suhu udara rata-rata bulanan (T_m),

indeks panas tahunan (I) dan juga nilai a. Untuk memperoleh ETo_x tersebut dapat menggunakan persamaan sebagai berikut ini:

$$ETo_x = 16 \times \left(\frac{10 T_m}{I} \right)^a$$

Perhitungan ETo yang belum disesuaikan garis bujur dan bulan (ETo_x) masing-masing stasiun hujan dapat dianalisis sebagai berikut:

a. Stasiun Hujan Ngaglik

Dengan berpedoman pada pendugaan suhu (Tabel 5.14), nilai indeks panas tahunan (Tabel 5.18) dan nilai a stasiun hujan Ngaglik, maka perhitungan nilai ETo_x dapat diperoleh sebagai berikut:

Januari 1990

$$ETo_x = 16 \times \left(\frac{10 \times 21}{107,09} \right)^{8,74}$$

$$ETo_x = 77,58 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan tersebut diketahui bahwa nilai evapotranspirasi potensial sebelum disesuaikan garis bujur dan bulan (Eto_x) pada bulan Januari tahun 1990 adalah sebesar 77,58 mm. Nilai Eto_x tersebut belum merupakan nilai evapotranspirasi potensial sesungguhnya di suatu kawasan. Nilai ini nantinya akan dikonversikan dengan koefisien penyesuaian menurut bujur dan bulan (Tabel 2.2), sehingga akan diperoleh nilai evapotranspirasi potensial yang mendekati sesungguhnya pada suatu kawasan.

Untuk perhitungan selanjutnya nilai Eto_x pada stasiun hujan Ngaglik dan stasiun-stasiun hujan lainnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 5.22. Evapotranspirasi Potensial Belum Disesuaikan Garis Bujur (f)
Stasiun Hujan Ngaglik (mm)

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1990	77,58	79,34	80,22	84,75	84,75	78,45	71,60	73,28	76,71	82,92	90,36	82,92
1991	81,46	85,07	79,68	80,57	78,81	73,65	67,89	63,94	83,25	98,43	78,81	85,07

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1992	78,66	83,12	81,32	86,78	86,78	76,92	66,93	72,66	78,66	84,03	83,12	79,54
1993	83,12	79,55	80,43	76,06	84,03	82,22	66,94	74,35	76,92	84,94	84,94	84,94
1994	75,71	81,69	79,96	81,69	69,97	68,38	80,82	59,26	60,73	88,85	97,30	89,76
1995	80,78	78,99	80,78	81,68	79,88	82,59	71,23	82,59	78,99	90,07	83,51	78,99
1996	77,61	78,49	82,95	82,05	80,26	80,26	73,32	75,02	78,49	87,56	82,95	82,95
1997	80,70	78,02	82,52	82,52	83,43	76,27	67,84	67,84	76,27	87,15	100,93	90,01
1998	88,42	87,39	83,34	90,51	90,51	85,35	100,27	96,95	92,62	90,51	87,39	78,44
1999	102,30	85,22	81,47	81,47	80,54	75,14	66,61	70,80	80,54	87,13	84,27	103,36
2000	84,09	84,09	85,96	84,09	85,03	75,11	68,35	71,68	84,09	85,03	85,96	85,03
2001	82,62	82,62	83,55	85,44	81,70	78,96	71,91	68,54	99,32	86,39	89,28	81,70
2002	83,47	86,30	84,41	86,30	85,35	75,29	70,96	65,15	75,29	94,15	97,19	91,16
2003	84,96	85,90	85,90	89,71	84,03	77,67	61,87	70,77	80,36	87,79	89,71	82,18
2004	84,54	85,49	79,92	90,30	84,54	73,69	73,69	68,60	79,92	90,30	94,26	85,49
2005	85,23	87,14	87,14	85,23	83,34	83,34	73,39	72,52	83,34	89,08	87,14	79,63
2006	86,71	82,96	83,89	85,76	82,96	70,60	68,10	65,65	72,29	89,58	101,63	95,49
2007	85,84	84,90	83,04	85,84	85,84	79,39	71,53	67,37	75,84	91,60	86,78	83,96
2008	84,41	84,41	79,87	84,41	79,87	73,75	66,29	71,21	80,76	94,93	90,06	81,67
2009	82,26	82,26	84,14	89,93	86,04	77,67	69,79	71,50	80,40	90,92	95,95	89,93
2010	84,25	85,64	89,36	84,77	91,57	83,67	78,32	80,10	83,77	86,64	90,20	84,29
2011	88,71	87,04	81,73	82,45	83,56	71,25	69,88	69,18	77,20	90,68	88,34	87,69
2012	83,17	83,22	85,40	85,75	84,47	75,77	66,82	67,06	78,56	93,51	94,69	86,07

Sumber: Hasil Perhitungan

b. Stasiun Hujan Ngujung

Tabel 5.23. Evapotranspirasi Potensial Belum Disesuaikan Garis Bujur (f) Stasiun Hujan Ngujung (mm)

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1990	70,38	71,91	72,68	76,59	76,59	71,14	65,17	66,64	69,62	75,01	81,43	75,01
1991	73,81	76,94	72,27	73,04	71,51	67,01	61,96	58,48	75,36	88,42	71,51	76,94
1992	71,36	75,23	73,67	78,39	78,39	69,84	61,10	66,13	71,36	76,01	75,23	72,13
1993	75,23	72,13	72,90	69,09	76,01	74,45	61,11	67,60	69,85	76,80	76,80	76,80
1994	68,99	74,22	72,71	74,22	63,95	62,55	73,46	54,46	55,77	80,43	87,72	81,23
1995	73,10	71,55	73,10	73,88	72,32	74,67	64,79	74,67	71,55	81,11	75,46	71,55

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1996	70,42	71,18	75,05	74,26	72,71	72,71	66,67	68,16	71,18	79,03	75,05	75,05
1997	73,02	70,70	74,58	74,58	75,38	69,17	61,81	61,81	69,17	78,58	90,37	81,03
1998	78,86	77,99	74,55	80,63	80,63	76,26	88,83	86,05	82,41	80,63	77,99	70,38
1999	91,26	76,71	73,48	73,48	72,69	68,02	60,60	64,25	72,69	78,35	75,90	92,16
2000	75,90	75,90	77,51	75,90	76,70	68,12	62,22	65,14	75,90	76,70	77,51	76,70
2001	74,52	74,52	75,33	76,94	73,73	71,36	65,25	62,31	88,79	77,76	80,24	73,73
2002	75,23	77,67	76,04	77,67	76,85	68,17	64,41	59,33	68,17	84,37	86,96	81,82
2003	76,63	77,44	77,44	80,71	75,83	70,34	56,53	64,33	72,66	79,07	80,71	74,24
2004	76,19	77,00	72,20	81,12	76,19	66,81	66,81	62,37	72,20	81,12	84,51	77,00
2005	76,72	78,36	78,36	76,72	75,10	75,10	66,51	65,75	75,10	80,02	78,36	71,91
2006	78,10	74,87	75,67	77,29	74,87	64,16	61,97	59,83	65,63	80,57	90,84	85,62
2007	77,37	76,56	74,96	77,37	77,37	71,81	64,99	61,35	68,73	82,31	78,18	75,76
2008	76,23	76,23	72,30	76,23	72,30	66,99	60,46	64,77	73,08	85,26	81,09	73,86
2009	74,14	74,14	75,76	80,72	77,39	70,18	63,36	64,84	72,54	81,56	85,85	80,72
2010	75,67	76,86	80,03	76,12	81,91	75,18	70,59	72,12	75,26	77,71	80,75	75,71
2011	79,88	78,44	73,87	74,49	75,44	64,77	63,57	62,96	69,94	81,57	79,56	79,00
2012	75,06	75,10	76,98	77,27	76,17	68,66	60,86	61,06	71,08	83,93	84,93	77,55

Sumber: Hasil Perhitungan

c. Stasiun Hujan Temas

Tabel 5.24. Evapotranspirasi Potensial Belum Disesuaikan Garis Bujur (f)
Stasiun Hujan Temas (mm)

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1990	77,91	79,68	80,57	85,12	85,12	78,79	71,90	73,59	77,03	83,28	90,78	83,28
1991	81,81	85,44	80,02	80,91	79,14	73,96	68,16	64,19	83,61	98,89	79,14	85,44
1992	79,00	83,48	81,67	87,17	87,17	77,25	67,20	72,96	79,00	84,40	83,48	79,89
1993	83,48	79,89	80,78	76,38	84,40	82,58	67,20	74,66	77,25	85,32	85,32	85,32
1994	76,01	82,04	80,29	82,04	70,25	68,65	81,16	59,48	60,96	89,23	97,74	90,16
1995	81,13	79,33	81,13	82,04	80,23	82,96	71,52	82,96	79,33	90,49	83,88	79,33
1996	77,94	78,82	83,31	82,40	80,60	80,60	73,62	75,33	78,82	87,95	83,31	83,31
1997	81,06	78,36	82,88	82,88	83,80	76,59	68,11	68,11	76,59	87,55	101,42	90,42
1998	88,86	87,82	83,74	90,96	90,96	85,77	100,80	97,45	93,10	90,96	87,82	78,81
1999	102,81	85,61	81,83	81,83	80,90	75,46	66,89	71,10	80,90	87,54	84,66	103,88

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
2000	84,47	84,47	86,35	84,47	85,41	75,43	68,63	71,98	84,47	85,41	86,35	85,41
2001	83,00	83,00	83,93	85,83	82,06	79,30	72,22	68,82	99,81	86,79	89,70	82,06
2002	83,85	86,70	84,79	86,70	85,74	75,61	71,26	65,41	75,61	94,60	97,66	91,59
2003	85,35	86,29	86,29	90,13	84,41	78,01	62,11	71,06	80,72	88,20	90,13	82,55
2004	84,93	85,88	80,27	90,72	84,93	74,01	74,01	68,88	80,27	90,72	94,71	85,88
2005	85,62	87,55	87,55	85,62	83,72	83,72	73,71	72,83	83,72	89,50	87,55	79,99
2006	87,10	83,33	84,26	86,15	83,33	70,89	68,38	65,92	72,60	90,00	102,13	95,95
2007	86,23	85,28	83,41	86,23	86,23	79,74	71,83	67,65	76,16	92,03	87,18	84,34
2008	84,79	84,79	80,21	84,79	80,21	74,05	66,55	71,50	81,12	95,38	90,47	82,02
2009	82,63	82,63	84,53	90,36	86,44	78,01	70,09	71,81	80,76	91,35	96,42	90,36
2010	84,64	86,05	89,79	85,17	92,01	84,06	78,68	80,46	84,16	87,05	90,64	84,68
2011	89,12	87,43	82,09	82,81	83,93	71,55	70,17	69,46	77,53	91,10	88,74	88,09
2012	83,54	83,60	85,79	86,14	84,85	76,10	67,10	67,33	78,90	93,95	95,14	86,46

Sumber: Hasil Perhitungan

d. Stasiun Hujan Tinjumoyo

Tabel 5.25. Evapotranspirasi Potensial Belum Disesuaikan Garis Bujur (f) Stasiun Hujan Tinjumoyo (mm)

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1990	74,08	75,72	76,55	80,78	80,78	74,90	68,48	70,06	73,27	79,07	86,01	79,07
1991	77,74	81,11	76,08	76,90	75,26	70,43	65,02	61,30	79,41	93,54	75,26	81,11
1992	75,11	79,28	77,60	82,70	82,70	73,48	64,11	69,49	75,11	80,12	79,28	75,94
1993	79,28	75,94	76,77	72,68	80,13	78,44	64,11	71,08	73,49	80,98	80,98	80,98
1994	72,45	78,06	76,43	78,06	67,06	65,56	77,24	56,95	58,34	84,75	92,62	85,60
1995	77,04	75,37	77,04	77,89	76,21	78,74	68,11	78,74	75,37	85,70	79,59	75,37
1996	74,11	74,93	79,10	78,26	76,59	76,59	70,09	71,69	74,93	83,40	79,10	79,10
1997	76,96	74,46	78,65	78,65	79,51	72,82	64,92	64,92	72,82	82,98	95,76	85,63
1998	83,75	82,80	79,06	85,68	85,68	80,92	94,67	91,61	87,63	85,68	82,80	74,52
1999	96,90	81,07	77,58	77,58	76,72	71,68	63,70	67,62	76,72	82,85	80,19	97,88
2000	80,10	80,10	81,84	80,10	80,97	71,72	65,38	68,51	80,10	80,97	81,84	80,97
2001	78,68	78,68	79,55	81,30	77,82	75,26	68,68	65,52	94,17	82,18	84,87	77,82
2002	79,45	82,09	80,33	82,09	81,21	71,83	67,78	62,33	71,83	89,37	92,19	86,60

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
2003	80,90	81,78	81,78	85,32	80,04	74,11	59,29	67,64	76,62	83,54	85,32	78,32
2004	80,47	81,35	76,16	85,82	80,47	70,35	70,35	65,58	76,16	85,82	89,50	81,35
2005	81,08	82,86	82,86	81,08	79,32	79,32	70,05	69,24	79,32	84,66	82,86	75,87
2006	82,51	79,02	79,89	81,63	79,02	67,47	65,13	62,84	69,06	85,18	96,35	90,67
2007	81,71	80,84	79,10	81,71	81,71	75,70	68,36	64,46	72,39	87,06	82,59	79,97
2008	80,43	80,43	76,19	80,43	76,19	70,46	63,47	68,09	77,02	90,21	85,69	77,87
2009	78,31	78,31	80,05	85,43	81,83	74,03	66,67	68,27	76,58	86,35	91,02	85,43
2010	80,07	81,36	84,80	80,55	86,85	79,53	74,56	76,21	79,62	82,28	85,59	80,10
2011	84,40	82,85	77,90	78,57	79,61	68,11	66,82	66,16	73,67	86,24	84,06	83,45
2012	79,22	79,27	81,30	81,62	80,43	72,32	63,94	64,15	74,92	88,83	89,92	81,92

Sumber: Hasil Perhitungan

5.3.3 Koefisien Penyesuaian Bujur dan Bulan Setiap Stasiun

Menurut data yang diperoleh di lapangan, masing-masing stasiun penakar hujan memiliki titik koordinat sebagai berikut:

Tabel 5.26. Koordinat Stasiun Hujan

NO	POS HUJAN	Garis Bujur (X)	Garis Lintang (Y)
1	Ngaglik	112,52592	-7,8778
2	Ngujung	112,53606	-7,85236
3	Temas	112,57257	-7,89518
4	Tinjumoyo	112,52694	-7,84306

Sumber: Hasil Pengamatan

Untuk menentukan koefisien penyesuaian bujur dan bulan setiap stasiun penakar hujan, maka diperlukan tabel koefisien penyesuaian.

Tabel 5.27. Koefisien Penyesuaian Menurut Bujur dan Bulan

Bujur / Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sept	Okt	Nov	Des
50	0,74	0,78	1,02	1,15	1,33	1,36	1,37	1,25	1,06	0,92	0,76	0,7
49	0,75	0,79	1,02	1,14	1,32	1,34	1,35	1,24	1,05	0,93	0,76	0,71
48	0,76	0,8	1,02	1,14	1,31	1,33	1,34	1,23	1,05	0,93	0,77	0,72
47	0,77	0,8	1,02	1,14	1,3	1,32	1,33	1,22	1,04	0,93	0,78	0,73

Bujur / Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sept	Okt	Nov	Des
46	0,79	0,81	1,02	1,13	1,29	1,31	1,32	1,22	1,04	0,94	0,79	0,74
45	0,8	0,81	1,02	1,13	1,28	1,29	1,31	1,21	1,04	0,94	0,79	0,75
44	0,81	0,82	1,02	1,13	1,27	1,29	1,3	1,2	1,04	0,95	0,8	0,76
43	0,81	0,82	1,02	1,12	1,26	1,28	1,29	1,2	1,04	0,95	0,81	0,77
42	0,82	0,83	1,03	1,12	1,26	1,27	1,28	1,19	1,04	0,95	0,82	0,79
41	0,83	0,83	1,03	1,11	1,25	1,26	1,27	1,19	1,04	0,96	0,82	0,8
40	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81
39	0,85	0,84	1,03	1,11	1,23	1,24	1,26	1,18	1,04	0,96	0,84	0,82
38	0,85	0,84	1,03	1,1	1,23	1,23	1,25	1,17	1,04	0,96	0,84	0,83
37	0,86	0,84	1,03	1,1	1,22	1,23	1,25	1,17	1,03	0,97	0,85	0,83
36	0,87	0,85	1,03	1,1	1,21	1,22	1,24	1,16	1,03	0,97	0,86	0,84
35	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85
34	0,88	0,85	1,03	1,09	1,2	1,2	1,22	1,16	1,03	0,97	0,87	0,86
33	0,88	0,86	1,03	1,09	1,19	1,2	1,22	1,15	1,03	0,97	0,88	0,86
32	0,89	0,86	1,03	1,08	1,19	1,19	1,21	1,15	1,03	0,98	0,88	0,87
31	0,9	0,87	1,03	1,08	1,18	1,18	1,2	1,14	1,03	0,98	0,89	0,88
30	0,9	0,87	1,03	1,08	1,18	1,17	1,2	1,14	1,03	0,98	0,89	0,88
29	0,91	0,87	1,03	1,07	1,17	1,16	1,19	1,13	1,03	0,98	0,9	0,89
28	0,91	0,88	1,03	1,07	1,16	1,16	1,18	1,13	1,02	0,98	0,9	0,9
27	0,92	0,88	1,03	1,07	1,16	1,15	1,18	1,13	1,02	0,99	0,9	0,9
26	0,92	0,88	1,03	1,06	1,15	1,15	1,17	1,12	1,02	0,99	0,91	0,91
25	0,93	0,89	1,03	1,06	1,15	1,14	1,17	1,12	1,02	0,99	0,91	0,91
20	0,95	0,9	1,03	1,05	1,13	1,11	1,14	1,11	1,02	1	0,93	0,94
15	0,97	0,91	1,03	1,04	1,11	1,08	1,12	1,08	1,02	1,01	0,95	0,97
10	1	0,91	1,03	1,03	1,08	1,06	1,08	1,07	1,01	1,02	0,98	0,99
5	1,02	0,93	1,03	1,02	1,06	1,03	1,06	1,05	1,01	1,03	0,99	1,02
0	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1	1,04	1,01	1,04
-5	1,06	0,95	1,04	1	1,02	0,99	1,02	1,03	1	1,05	1,03	1,06
-10	1,08	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1	1,01	1	1,06	1,05	1,1
-15	1,12	0,98	1,05	0,98	0,98	0,94	0,97	1	1	1,07	1,07	1,12
-20	1,14	1	1,05	0,97	0,96	0,91	0,95	0,99	1	1,08	1,09	1,15
-25	1,17	1,01	1,05	0,96	0,94	0,88	0,93	0,98	1	1,1	1,11	1,18
-30	1,2	1,03	1,06	0,95	0,92	0,85	0,9	0,96	1	1,12	1,14	1,21
-35	1,23	1,04	1,06	0,94	0,89	0,82	0,87	0,94	1	1,13	1,17	1,25

Bujur / Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sept	Okt	Nov	Des
-40	1,27	1,06	1,07	0,93	0,86	0,78	0,84	0,92	1	1,15	1,2	1,29
-42	1,28	1,07	1,07	0,92	0,85	0,76	0,82	0,92	1	1,16	1,22	1,31
-44	1,3	1,08	1,07	0,92	0,83	0,74	0,81	0,91	0,99	1,17	1,23	1,33
-46	1,32	1,1	1,07	0,91	0,82	0,72	0,79	0,9	0,99	1,17	1,25	1,35
-48	1,34	1,11	1,08	0,9	0,8	0,7	0,76	0,89	0,99	1,18	1,27	1,37
-50	1,37	1,12	1,08	0,89	0,77	0,67	0,74	0,88	0,99	1,19	1,29	1,41

Sumber: Sosrodarsono dan Takeda, 2003

Perhitungan:

- Koefisien penyesuaian pada stasiun hujan pada bulan Januari

Stasiun Ngaglik terletak pada garis lintang -7,8778 (Tabel 5.26), maka dengan melihat Tabel 5.27 garis lintang terletak antara -5 dan -10. Dengan melakukan interpolasi diperoleh nilai 1,072. Perhitungan selengkapnya koefisien penyesuaian menurut garis lintang pada masing-masing stasiun hujan dapat dilihat pada Tabel 5.28 :

Tabel 5.28. Perhitungan Koefisien Penyesuaian Menurut Garis Lintang/ Bujur

NO	POS HUJAN	Y	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
1	Ngaglik	-7,8778	1,072	0,962	1,046	0,994	1,014	0,973
2	Ngunjung	-7,85236	1,071	0,961	1,046	0,994	1,014	0,973
3	Temas	-7,89518	1,072	0,962	1,046	0,994	1,014	0,973
4	Tinjumoyo	-7,84306	1,071	0,961	1,046	0,994	1,014	0,973

lanjutan

NO	POS HUJAN	Y	Jul	Agust	Sep	Okt	Nop	Des
1	Ngaglik	-7,8778	1,008	1,018	1,000	1,056	1,042	1,083
2	Ngunjung	-7,85236	1,009	1,019	1,000	1,056	1,041	1,083
3	Temas	-7,89518	1,008	1,018	1,000	1,056	1,042	1,083
4	Tinjumoyo	-7,84306	1,009	1,019	1,000	1,056	1,041	1,083

Sumber: Hasil Perhitungan

5.3.4 Evapotranspirasi Potensial (ET_o) Wilayah

Untuk memperhitungkan nilai evapotranspirasi potensial (ET_o) wilayah, maka perlu dikonversi nilai evapotranspirasi potensial yang ada dengan koefisien penyesuaian menurut garis lintang/ bujur. Untuk mengkonversi nilai evapotranspirasi potensial dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$ET_o = f \cdot ET_{ox}$$

a. Stasiun Hujan Ngaglik

Koefisien penyesuaian pada stasiun hujan pada bulan Januari

Dengan mengacu pada Tabel 5.22 diketahui nilai ET_{ox} adalah 77,58 mm, sedangkan nilai f (Tabel 5.28) diperoleh koefisien sebesar 1,071. Dengan demikian dapat dihitung:

$$\begin{aligned} ET_o &= 1,072 \times 77,58 \text{ mm} \\ &= 83,13 \text{ mm} \end{aligned}$$

Hasil konversi selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.29 berikut

Tabel 5.29. Evapotranspirasi Potensial (ET_o) Stasiun Hujan Ngaglik (mm)

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1990	83,13	76,28	83,89	84,26	85,95	76,31	72,21	74,64	76,71	87,54	94,12	89,80
1991	87,28	81,80	83,33	80,10	79,93	71,64	68,47	65,12	83,25	103,92	82,08	92,13
1992	84,29	79,92	85,04	86,29	88,02	74,83	67,50	74,01	78,66	88,71	86,57	86,15
1993	89,06	76,48	84,11	75,62	85,23	79,98	67,50	75,73	76,92	89,68	88,47	91,99
1994	81,12	78,55	83,61	81,22	70,97	66,52	81,51	60,36	60,73	93,80	101,34	97,22
1995	86,56	75,95	84,48	81,21	81,02	80,34	71,83	84,12	78,99	95,10	86,97	85,55
1996	83,16	75,47	86,75	81,57	81,40	78,07	73,94	76,40	78,49	92,44	86,39	89,84
1997	86,47	75,02	86,29	82,04	84,62	74,19	68,41	69,09	76,27	92,01	105,12	97,48
1998	94,74	84,03	87,15	89,99	91,80	83,02	101,12	98,74	92,62	95,55	91,02	84,95
1999	109,62	81,94	85,19	81,00	81,69	73,09	67,18	72,11	80,54	91,99	87,77	111,94
2000	90,11	80,86	89,90	83,61	86,24	73,06	68,93	73,01	84,09	89,77	89,53	92,08
2001	88,53	79,44	87,38	84,95	82,86	76,80	72,52	69,80	99,32	91,21	92,98	88,48
2002	89,43	82,98	88,27	85,81	86,57	73,23	71,56	66,35	75,29	99,39	101,22	98,73
2003	91,04	82,59	89,83	89,20	85,23	75,56	62,40	72,07	80,36	92,69	93,44	89,01
2004	90,59	82,20	83,57	89,78	85,75	71,68	74,32	69,86	79,92	95,33	98,17	92,59
2005	91,32	83,79	91,13	84,74	84,52	81,06	74,01	73,86	83,34	94,05	90,76	86,24
2006	92,91	79,76	87,72	85,27	84,14	68,67	68,68	66,87	72,29	94,57	105,85	103,42

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
2007	91,97	81,63	86,84	85,34	87,06	77,23	72,14	68,62	75,84	96,70	90,38	90,94
2008	90,45	81,16	83,52	83,92	81,00	71,73	66,85	72,53	80,76	100,22	93,80	88,45
2009	88,14	79,09	87,99	89,41	87,27	75,55	70,39	72,82	80,40	95,99	99,94	97,40
2010	90,27	82,35	93,44	84,28	92,87	81,39	78,99	81,58	83,77	91,47	93,94	91,28
2011	95,05	83,69	85,47	81,97	84,75	69,31	70,47	70,45	77,20	95,74	92,01	94,97
2012	89,12	80,02	89,31	85,25	85,67	73,71	67,39	68,30	78,56	98,72	98,62	93,21

Sumber: Hasil Perhitungan

b. Stasiun Hujan Ngujung

Tabel 5.30. Evapotranspirasi Potensial (ET_o) Stasiun Hujan Ngujung (mm)

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1990	75,41	69,13	76,00	76,16	77,69	69,21	65,73	67,88	69,62	79,19	84,81	81,23
1991	79,08	73,97	75,57	72,62	72,53	65,20	62,50	59,57	75,36	93,35	74,47	83,31
1992	76,46	72,32	77,03	77,95	79,51	67,95	61,63	67,36	71,36	80,24	78,34	78,10
1993	80,60	69,34	76,23	68,70	77,10	72,43	61,63	68,86	69,85	81,08	79,98	83,16
1994	73,92	71,36	76,03	73,80	64,87	60,85	74,09	55,47	55,77	84,91	91,36	87,95
1995	78,32	68,79	76,44	73,46	73,36	72,64	65,35	76,06	71,55	85,63	78,58	77,48
1996	75,44	68,43	78,48	73,84	73,75	70,74	67,25	69,42	71,18	83,43	78,15	81,26
1997	78,23	67,97	77,99	74,16	76,45	67,30	62,34	62,96	69,17	82,96	94,11	87,75
1998	84,49	74,98	77,96	80,17	81,78	74,19	89,60	87,65	82,41	85,12	81,22	76,21
1999	97,78	73,75	76,84	73,06	73,73	66,17	61,12	65,44	72,69	82,72	79,04	99,80
2000	81,32	72,97	81,05	75,46	77,80	66,28	62,76	66,35	75,90	80,97	80,72	83,05
2001	79,84	71,65	78,77	76,51	74,78	69,42	65,81	63,47	88,79	82,09	83,56	79,83
2002	80,60	74,67	79,51	77,22	77,95	66,32	64,96	60,44	68,17	89,07	90,57	88,60
2003	82,10	74,45	80,98	80,25	76,91	68,43	57,01	65,52	72,66	83,47	84,05	80,38
2004	81,63	74,03	75,50	80,66	77,28	65,00	67,38	63,53	72,20	85,64	88,01	83,37
2005	82,20	75,34	81,94	76,28	76,17	73,06	67,08	66,97	75,10	84,48	81,61	77,86
2006	83,68	71,98	79,13	76,84	75,94	62,42	62,51	60,94	65,63	85,05	94,60	92,71
2007	82,89	73,61	78,39	76,93	78,48	69,86	65,54	62,49	68,73	86,90	81,42	82,03
2008	81,68	73,29	75,61	75,80	73,34	65,17	60,98	65,98	73,08	90,01	84,45	79,98
2009	79,44	71,28	79,22	80,26	78,50	68,28	63,90	66,05	72,54	86,10	89,40	87,40
2010	81,08	73,90	83,69	75,68	83,08	73,14	71,20	73,46	75,26	82,04	84,10	81,98
2011	85,58	75,42	77,24	74,06	76,52	63,01	64,12	64,13	69,94	86,11	82,85	85,54

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
2012	80,42	72,21	80,50	76,83	77,26	66,80	61,38	62,20	71,08	88,60	88,45	83,97

Sumber: Hasil Perhitungan

c. Stasiun Hujan Temas

Tabel 5.31. Evapotranspirasi Potensial (ET_o) Stasiun Hujan Temas (mm)

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1990	83,48	76,62	84,26	84,63	86,33	76,63	72,50	74,94	77,03	87,93	94,55	90,21
1991	87,66	82,16	83,69	80,44	80,27	71,93	68,74	65,37	83,61	104,41	82,43	92,55
1992	84,66	80,28	85,41	86,67	88,41	75,13	67,77	74,31	79,00	89,10	86,95	86,53
1993	89,46	76,82	84,48	75,94	85,60	80,32	67,77	76,04	77,25	90,08	88,86	92,41
1994	81,45	78,88	83,96	81,56	71,25	66,77	81,84	60,57	60,96	94,21	101,81	97,66
1995	86,94	76,29	84,85	81,57	81,37	80,69	72,13	84,49	79,33	95,54	87,37	85,93
1996	83,52	75,79	87,13	81,93	81,75	78,40	74,24	76,72	78,82	92,86	86,78	90,24
1997	86,86	75,35	86,68	82,40	84,99	74,50	68,68	69,37	76,59	92,43	105,63	97,94
1998	95,22	84,45	87,58	90,44	92,26	83,42	101,65	99,25	93,10	96,04	91,48	85,37
1999	110,17	82,32	85,58	81,36	82,05	73,40	67,45	72,41	80,90	92,42	88,18	112,52
2000	90,52	81,23	90,31	83,98	86,62	73,37	69,20	73,31	84,47	90,17	89,94	92,51
2001	88,94	79,81	87,78	85,33	83,23	77,13	72,82	70,09	99,81	91,63	93,43	88,89
2002	89,85	83,37	88,67	86,20	86,96	73,54	71,86	66,61	75,61	99,88	101,73	99,21
2003	91,46	82,98	90,24	89,61	85,61	75,88	62,64	72,37	80,72	93,12	93,88	89,42
2004	91,01	82,58	83,95	90,20	86,14	71,98	74,63	70,15	80,27	95,79	98,65	93,02
2005	91,75	84,18	91,55	85,12	84,91	81,43	74,33	74,18	83,72	94,49	91,19	86,64
2006	93,34	80,13	88,12	85,65	84,51	68,95	68,95	67,13	72,60	95,02	106,38	103,93
2007	92,40	82,01	87,23	85,73	87,45	77,56	72,44	68,89	76,16	97,16	90,80	91,36
2008	90,86	81,53	83,89	84,30	81,35	72,03	67,11	72,82	81,12	100,70	94,23	88,85
2009	88,55	79,46	88,40	89,83	87,67	75,88	70,68	73,13	80,76	96,45	100,43	97,87
2010	90,70	82,74	93,90	84,67	93,32	81,76	79,34	81,95	84,16	91,91	94,41	91,73
2011	95,50	84,08	85,85	82,34	85,12	69,59	70,76	70,74	77,53	96,18	92,43	95,41
2012	89,52	80,38	89,72	85,64	86,05	74,02	67,66	68,57	78,90	99,19	99,09	93,65

Sumber: Hasil Perhitungan

d. Stasiun Hujan Tinjumoyo

Tabel 5.32. Evapotranspirasi Potensial (ET_o) Stasiun Hujan Tinjumoyo (mm)

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1990	79,37	72,80	80,05	80,32	81,93	72,87	69,07	71,36	73,27	83,48	89,57	85,61
1991	83,28	77,98	79,55	76,47	76,33	68,53	65,58	62,45	79,41	98,75	78,37	87,82
1992	80,48	76,21	81,14	82,23	83,88	71,50	64,67	70,79	75,11	84,59	82,56	82,22
1993	84,94	73,01	80,27	72,26	81,27	76,31	64,67	72,40	73,49	85,49	84,33	87,68
1994	77,62	75,04	79,92	77,61	68,02	63,79	77,91	58,01	58,34	89,47	96,46	92,69
1995	82,54	72,46	80,56	77,44	77,30	76,61	68,70	80,20	75,37	90,48	82,88	81,61
1996	79,40	72,04	82,72	77,81	77,68	74,51	70,70	73,02	74,93	88,04	82,38	85,65
1997	82,46	71,59	82,25	78,21	80,65	70,85	65,48	66,13	72,82	87,60	99,72	92,72
1998	89,73	79,60	82,67	85,19	86,91	78,73	95,49	93,32	87,63	90,45	86,23	80,68
1999	103,82	77,94	81,12	77,14	77,82	69,74	64,25	68,88	76,72	87,46	83,51	105,98
2000	85,82	77,01	85,58	79,65	82,13	69,78	65,94	69,78	80,10	85,48	85,23	87,67
2001	84,29	75,64	83,18	80,84	78,93	73,22	69,27	66,74	94,17	86,76	88,38	84,25
2002	85,12	78,92	84,00	81,63	82,37	69,88	68,36	63,49	71,83	94,35	96,01	93,77
2003	86,68	78,62	85,51	84,84	81,18	72,10	59,80	68,90	76,62	88,19	88,85	84,80
2004	86,22	78,21	79,64	85,33	81,62	68,45	70,96	66,80	76,16	90,60	93,20	88,08
2005	86,87	79,66	86,64	80,62	80,46	77,18	70,65	70,53	79,32	89,37	86,29	82,15
2006	88,40	75,97	83,54	81,17	80,15	65,65	65,69	64,01	69,06	89,93	100,34	98,17
2007	87,54	77,71	82,72	81,25	82,88	73,65	68,95	65,66	72,39	91,91	86,01	86,58
2008	86,17	77,32	79,67	79,97	77,28	68,56	64,02	69,36	77,02	95,23	89,23	84,31
2009	83,89	75,28	83,71	84,95	83,00	72,02	67,25	69,54	76,58	91,16	94,78	92,50
2010	85,78	78,22	88,68	80,09	88,10	77,38	75,21	77,63	79,62	86,87	89,13	86,73
2011	90,43	79,65	81,46	78,13	80,75	66,27	67,40	67,39	73,67	91,04	87,54	90,36
2012	84,87	76,21	85,01	81,15	81,58	70,36	64,49	65,35	74,92	93,78	93,64	88,69

Sumber: Hasil Perhitungan

Untuk mengetahui nilai evapotranspirasi potensial (ET_o) suatu wilayah, maka dihitung total nilai evapotranspirasi potensial masing-masing stasiun hujan yang telah disesuaikan prosentase luasan masing-masing stasiun hujan wilayah sub DAS. Perhitunganya dapat digunakan dengan persamaan berikut:

$$ET_{o \text{ tot}} = \sum (ET_{o n} \times A_n)$$

Dengan:

ET_o_n = Evapotranspirasi potensial masing-masing stasiun hujan (mm)

A_n = Prosentase luasan stasiun hujan (%)

ET_o_{tot} = Evapotranspirasi potensial total (mm)

Perhitungan:

Contoh perhitungan diambil data evapotranspirasi potensial (ET_o) pada bulan Januari tahun 1990

$$\begin{aligned} ET_o_{tot} &= (ET_o \text{ Ngaglik} \times 20,58 \%) + (ET_o \text{ Ngunjung} \times 12,55 \%) + \\ &\quad (ET_o \text{ Temas} \times 12,95 \%) + (ET_o \text{ Tinjumoyo} \times 53,91 \%) \\ &= (83,13 \times 20,58 \%) + (75,41 \times 12,55 \%) + (83,48 \times 12,95 \%) + \\ &\quad (79,37 \times 53,91 \%) \\ &= 80,18 \text{ mm} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai evapotranspirasi potensial (ET_o) sub DAS Brantas hulu selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.33.

Tabel 5.33. Evapotranspirasi Potensial (ET_o) Sub DAS Brantas Hulu

Tahun	BULAN											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1990	80,18	73,55	80,88	81,16	82,80	73,61	69,74	72,06	74,00	84,35	90,55	86,52
1991	84,15	78,80	80,37	77,25	77,10	69,19	66,20	63,01	80,24	99,87	79,17	88,75
1992	81,30	77,01	81,98	83,10	84,77	72,21	65,27	71,48	75,88	85,48	83,42	83,07
1993	85,83	73,76	81,10	72,98	82,12	77,10	65,27	73,11	74,22	86,39	85,22	88,61
1994	78,37	75,80	80,72	78,39	68,65	64,37	78,68	58,51	58,85	90,40	97,51	93,67
1995	83,41	73,22	81,41	78,25	78,10	77,41	69,37	81,04	76,15	91,47	83,77	82,46
1996	80,21	72,78	83,59	78,62	78,48	75,27	71,39	73,74	75,70	88,99	83,24	86,56
1997	83,32	72,33	83,12	79,03	81,50	71,56	66,10	66,76	73,56	88,55	100,89	93,75
1998	90,82	80,56	83,64	86,23	87,96	79,65	96,70	94,49	88,71	91,56	87,26	81,61
1999	105,08	78,80	82,00	77,97	78,65	70,45	64,88	69,57	77,54	88,44	84,43	107,28
2000	86,75	77,84	86,51	80,50	83,01	70,48	66,58	70,47	80,96	86,40	86,16	88,63
2001	85,21	76,46	84,09	81,72	79,77	73,99	69,97	67,39	95,29	87,72	89,38	85,17
2002	86,06	79,80	84,92	82,53	83,27	70,60	69,05	64,10	72,57	95,44	97,14	94,84

Tahun	BULAN											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
2003	87,62	79,48	86,44	85,78	82,05	72,84	60,35	69,58	77,42	89,16	89,84	85,71
2004	87,16	79,07	80,49	86,29	82,51	69,14	71,68	67,45	76,97	91,62	94,28	89,06
2005	87,83	80,55	87,61	81,50	81,33	78,01	71,37	71,24	80,19	90,38	87,25	83,04
2006	89,37	76,79	84,44	82,05	81,01	66,29	66,33	64,62	69,75	90,93	101,54	99,31
2007	88,50	78,56	83,61	82,13	83,78	74,42	69,63	66,29	73,13	92,95	86,95	87,53
2008	87,09	78,15	80,50	80,82	78,08	69,24	64,62	70,03	77,83	96,31	90,22	85,21
2009	84,81	76,10	84,63	85,91	83,92	72,78	67,92	70,24	77,40	92,20	95,90	93,57
2010	86,75	79,11	89,71	80,99	89,13	78,24	76,02	78,48	80,52	87,86	90,17	87,72
2011	91,43	80,52	82,33	78,95	81,61	66,91	68,05	68,05	74,43	92,05	88,50	91,36
2012	85,79	77,03	85,94	82,04	82,46	71,08	65,11	65,98	75,70	94,85	94,72	89,67

Sumber: Hasil Perhitungan

5.4 Penggunaan Lahan Kota Batu

Kondisi penggunaan lahan saat ini adalah beralih fungsinya hutan konservasi sebagai kebun atau ladang yang semakin besar pemanfaatnya terkait dalam usaha pertanian ekstraktif, dimana pemanfaatan lahan tersebut merupakan sumber pendapatan utama sebagian penduduk. Hal lain yang berpengaruh terhadap alih fungsi lahan di Kota Batu yaitu semakin meluasnya wilayah permukiman penduduk akibat pesatnya perkembangan populasi penduduk setiap tahunnya di Kota Batu yang mencapai rata-rata pertumbuhan sebesar 2,4 % per tahunnya. Dengan kondisi penggunaan lahan yang demikian ini, maka secara otomatis akan mendegradasi luas hutan konservasi yang berfungsi sebagai daerah tangkapan air hujan pada daerah aliran sungai Brantas pada umumnya dan Sub daerah aliran sungai Brantas pada khususnya. Beberapa perubahan tata guna lahan Kota Batu pada tahun 2013 dapat dilihat pada Tabel 5.34.

Tabel 5.34. Tata Guna Lahan Kota Batu 2013

No	Jenis Lahan	Luas (Ha)	Koefisien (C)
1	Sawah	2.323,81	0,60
2	Kebun/ ladang	5.001,13	0,60
3	Padang rumput	4.653,28	0,45
4	Permukiman	4.880,33	0,60
5	Bangunan/ gedung	201,11	0,95
6	Perairan tawar/ sungai	218,54	0,90
7	Hutan	1.366,14	0,45

Sumber: BBWS Brantas, 2014

Keterangan:

*koefisien aliran permukaan (C) berdasarkan Tabel 2.6 halaman 28.

Untuk menentukan koefisien aliran permukaan DAS (C_{DAS}) dari berbagai macam penggunaan lahan, maka nilai C_{DAS} dapat diperoleh dengan persamaan (2-25) seperti di bawah ini:

$$C_{DAS} = \frac{A_1.C_1 + A_2.C_2 + + A_n.C_n}{A_1 + A_2 + + A_n}$$

Dengan:

C_{DAS} = koefisien aliran permukaan DAS

C_i = koefisien aliran permukaan jenis penutup lahan i,

A_i = luas penutup lahan dengan jenis penutup lahan i,

n = jumlah jenis penutup lahan

$$C_{DAS} = \frac{(2323,81 \times 0,6) + (5001,13 \times 0,6) + (4653,28 \times 0,45) + (4880,33 \times 0,6)}{18644,4}$$

$$= \frac{(201,11 \times 0,95) + (218,54 \times 0,9) + (1366,14 \times 0,45)}{18644,4}$$

$$C_{DAS} = 0,56$$

5.5 Analisis Debit Metode Mock

Pada penelitian ini dilakukan penghitungan debit Sungai Brantas pada bagian hulu (upper) dengan menggunakan Metode Mock. Hal ini dikarenakan pada bagian sub DAS tersebut tidak memiliki alat pengukur debit Automatic Water Level Record (AWLR). Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam menentukan debit sungai dengan Metode Mock adalah:

- Luas sub DAS
- Curah hujan (P)
- Jumlah hari hujan (h)
- Evapotranspirasi potensial (ET_o)
- Permukaan lahan terbuka (m)
- Koefisien infiltrasi (i)
- Faktor resesi aliran air tanah (k)
- Tampung air tanah permulaan, (Initial Storage, IS)

Contoh perhitungan debit efektif sungai diambil data pada tahun 1990 dengan menggunakan Metode Mock adalah sebagai berikut:

1. Luas sub DAS = 182,964 km²
2. Curah hujan = 359,62 mm
3. Hari hujan = 23 hari
4. Evapotranspirasi Potensial (ET_o) = 80,18 mm
5. Permukaan lahan terbuka diasumsikan 30 % (sudirman, 2002)
6. Koefisien Infiltrasi = 0,5 (asumsi, halaman 16)
7. Faktor resesi aliran air tanah (k) = 0,6 (asumsi, halaman 17)
8. Tampung air tanah permulaan = 108 mm (Lee Richard, 1980)

Hasil analisis debit efektif sungai dengan Metode Mock tahun 1990 selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.35.

Tabel 5.35. Analisis Debit Efektif

No	URAIAN			B U L A N											
				JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	Curah Hujan (P)	mm	Data	359,62	332,19	217,14	146,48	136,50	14,59	4,71	24,36	11,79	18,60	92,57	395,26
2	Hari Hujan (h)	hari	Data	23	19	17	6	11	3	1	2	2	1	8	26
EVAPOTRANSPIRASI TERBATAS (mm/bulan)															
3	Evapotranspirasi potensial (ET _o)	mm	Data	80,18	73,55	80,88	81,16	82,80	73,61	69,74	72,06	74,00	84,35	90,55	86,52
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	%	Asumsi	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
5	$(m/20) \cdot (18 - h)$		Hitung	-7,01	-1,70	1,20	18,50	10,66	22,87	24,88	24,50	24,20	25,50	15,51	-11,92
6	$E = (ET_o) \cdot (m/20) \cdot (18 - h)$	mm	(3) * (5)	-5,62	-1,25	0,97	15,02	8,82	16,84	17,35	17,66	17,91	21,51	14,05	-10,31
7	$E_t = ET_o - E$	mm	(3) - (6)	85,80	74,80	79,91	66,15	73,97	56,77	52,39	54,40	56,10	62,84	76,50	96,84
KESETIMBANGAN AIR (mm/bulan)															
8	$D_s = P - E_t$	mm	(1) - (7)	273,82	257,39	137,23	80,33	62,53	-42,18	-47,68	-30,05	-44,31	-44,24	16,07	298,42
9	Kandungan Air Tanah (SS)	mm	Hitung	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-42,18	-47,68	-30,05	-44,31	-44,24	0,00	0,00
10	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)	mm	200	200	200	200	200	200	158	110	80	36	-8	8	200
11	Kelebihan Air (WS)	mm	(8) - (9)	273,82	257,39	137,23	80,33	62,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,07	298,42
ALIRAN & PENYIMPANAN AIR TANAH (mm/bulan)															
12	Infiltrasi (I)	mm	$i \cdot (11)$	109,53	102,96	54,89	32,13	25,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,43	119,37
13	$0,5 \cdot (1+k) \cdot I$		Hitung	87,62	82,36	43,91	25,71	20,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,14	95,49
14	$k \cdot V_{(n-1)}$		Hitung	64,80	91,45	104,29	88,92	68,78	53,27	31,96	19,18	11,51	6,90	4,14	5,57
15	Volume Penyimpanan (V _n)	mm	(13) + (14)	152,42	173,82	148,20	114,63	88,79	53,27	31,96	19,18	11,51	6,90	9,28	101,07

No	URAIAN			B U L A N											
				JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
16	Perubahan Volume Air (DVn)		$V_n - V_{(n-1)}$	44,42	21,40	-25,61	-33,58	-25,84	-35,51	-21,31	-12,79	-7,67	-4,60	2,38	91,78
17	Aliran Dasar (BF)	mm	(12) - (16)	65,11	81,56	80,51	65,71	50,85	35,51	21,31	12,79	7,67	4,60	4,05	27,59
18	Aliran Langsung (DR)	mm	(11) - (12)	164,29	154,43	82,34	48,20	37,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,64	179,05
19	Aliran (R)	mm	(17) + (18)	229,40	235,99	162,84	113,91	88,37	35,51	21,31	12,79	7,67	4,60	13,69	206,64
DEBIT ALIRAN SUNGAI															
20	Debit Efektif	m ³ /dt	Hitung	15,67	17,85	11,12	8,04	6,04	2,51	1,46	0,87	0,54	0,31	0,97	14,12

Sumber: Hasil Perhitungan

Dalam hasil analisis tersebut dinyatakan bahwa debit efektif air mengalami kelebihan air pada bulan Januari hingga Mei serta awal Desember. Hal dikarenakan intensitas curah hujan yang cukup tinggi pada bulan-bulan tersebut dan juga jumlah hari terjadinya hujan pada bulan-bulan tersebut lebih lama. Sedangkan debit efektif air mengalami penurunan pada Juni hingga Nopember karena intensitas hujan yang berkurang dan dipengaruhi oleh faktor permukaan lahan terbuka.

Semakin banyak pemanfaatan lahan terbuka dalam hal ini sebagai ladang sawah, maka jumlah debit efektif air akan semakin mengalami penurunan.

Hasil detail analisa debit efektif di Sub DAS Brantas hulu pada tahun 1990 hingga 2011 dapat dilihat pada lampiran 2A-2V.

Berikut merupakan kesimpulan hasil analisis debit efektif tahun 1990-2011 dengan metode Mock yang selengkapnya dijabarkan pada Tabel 5.36 dibawah ini:

Tabel 5.36. Debit Efektif per Tahun($m^3/detik$)

Tahun	BULAN											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEPT	OKT	NOP	DES
1990	15,67	17,85	11,12	8,04	6,04	2,51	1,46	0,87	0,54	0,31	0,97	14,12
1991	15,38	14,04	7,01	24,24	5,65	3,50	2,03	1,22	0,76	0,44	4,19	18,92
1992	21,08	13,99	18,03	14,21	4,76	2,95	1,72	1,03	0,64	2,08	11,34	21,70
1993	28,85	15,71	13,54	8,09	3,44	2,13	1,24	0,74	0,46	0,27	7,08	10,72
1994	29,16	15,69	13,58	7,90	3,41	2,12	1,23	0,74	0,46	0,27	6,60	10,44
1995	18,47	19,48	15,81	14,80	6,00	3,90	1,99	1,20	0,74	0,43	14,06	5,40
1996	13,76	13,97	6,56	11,36	3,26	2,02	1,17	0,70	0,44	3,78	8,32	11,07
1997	13,31	16,18	4,28	4,16	1,82	1,13	0,65	0,39	0,24	0,14	0,09	2,47
1998	7,98	17,44	16,21	9,05	4,70	3,60	1,63	1,03	1,53	2,73	8,48	16,96
1999	28,16	14,56	16,99	43,70	23,22	6,67	11,66	14,86	4,42	5,90	37,59	63,17
2000	17,45	9,61	9,65	13,53	4,76	2,55	3,72	1,31	0,81	9,78	15,53	4,55
2001	11,35	19,83	18,55	6,23	3,38	5,43	1,82	1,09	0,68	2,42	5,00	3,62
2002	14,55	15,41	8,95	6,93	2,68	1,66	0,96	0,58	0,36	0,21	1,23	14,12
2003	14,50	18,90	9,53	3,91	2,87	1,52	0,88	0,53	0,33	0,19	8,89	4,52
2004	13,91	12,92	13,46	4,32	2,94	1,63	0,95	0,57	0,35	0,20	8,92	10,37
2005	9,11	8,64	6,42	2,39	1,39	0,86	0,50	0,30	0,19	2,98	4,63	11,26
2006	9,53	13,07	8,98	4,31	4,66	1,79	1,04	0,62	0,39	0,22	0,14	8,16
2007	6,85	13,26	9,44	10,87	3,27	2,03	1,18	0,71	0,44	0,25	5,11	15,97
2008	4,65	2,60	3,73	3,91	1,23	0,76	0,44	0,26	0,16	0,10	0,06	0,03
2009	18,38	19,82	11,15	5,12	3,82	1,89	1,10	0,66	0,41	0,44	4,99	6,53
2010	15,61	21,35	12,89	22,96	11,37	4,80	2,79	4,06	5,78	7,46	11,51	11,89
2011	9,67	5,28	9,92	9,74	8,11	2,82	1,63	0,98	0,61	0,35	11,35	6,37
Rerata	15,34	14,53	11,17	10,90	5,13	2,65	1,90	1,57	0,94	1,86	8,00	12,38
Maksimum	29,16	21,35	18,55	43,70	23,22	6,67	11,66	14,86	5,78	9,78	37,59	63,17
Jumlah	337,39	319,58	245,80	239,76	112,76	58,27	41,79	34,46	20,71	40,97	176,09	272,35

Sumber: Hasil Perhitungan

Untuk mendapatkan analisis debit efektif yang mendekati sesungguhnya di lapangan perlu dilakukan kalibrasi, yaitu perbandingan antara debit sungai terukur

dengan hasil perhitungan debit di Sungai Brantas Hulu Kota Batu (dekat daerah perencanaan) dengan metode Mock. Namun setelah dilakukan pengecekan di lapangan tidak ditemukan AWLR atau pengukuran manual di daerah studi, maka sesuai dengan ketentuan diambil hasil pengukuran debit daerah terdekat.

Dari hasil observasi di lapangan diketahui daerah yang terdekat yaitu Daerah Irigasi (DI) Sengkaling dengan pengukuran manual (papan duga) di Bendungan Sengkaling. Kendala lain yang diperoleh yaitu terbatasnya jumlah tahun pengukuran debit air. Hal ini pula yang sangat berpengaruh terhadap akurasi sebagai pembanding analisis hitungan dengan data pengukuran di lapangan. Oleh karena itu analisis debit efektif tidak menggunakan kalibrasi.

Dalam pemenuhan kebutuhan air baik untuk irigasi, domestik maupun non domestik perlu dibuat acuan dalam pemanfaatan air yaitu dengan mengacu pada suatu Debit Andalan.

Debit andalan yaitu debit minimum yang dijadikan titik tinjau suatu sungai yang merupakan gabungan antara limpasan langsung (Direct Run Off) dan aliran dasar (Base Flow) untuk keperluan irigasi, penyediaan air minum, industri dan lain-lain. Debit andalan nantinya akan dijadikan titik tinjau pada suatu waktu dengan besaran nilai debit tertentu (Jurnal Teknik Rekayasa, volume 13 No 1 juni 2012). Debit andalan untuk irigasi ditetapkan 80 %, sedangkan untuk kebutuhan air minum ditetapkan sebesar 99 % (Soemarto 1987:214). Jika ditetapkan debit andalan sebesar 80 % artinya akan menghadapi resiko adanya debit yang lebih kecil dari debit andalan sebesar 20 % (Anonim 1987:79). Sebelum menentukan besaran debit andalan terlebih dahulu mengurutkan debit tahunan hasil analisis debit efektif tahunan (Tabel 5.36) dari yang terbesar ke yang terkecil. Tabel 5.37 berikut ini merupakan hasil analisis debit efektif yang telah diurutkan.

Tabel 5.37. Analisa Debit Andalan (m^3/detik)

Andalan (%)	B U L A N											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEPT	OKT	NOP	DES
4,76	29,16	21,35	11,12	8,09	6,04	2,55	11,66	14,86	5,78	9,78	37,59	63,17
9,52	28,85	19,83	18,55	43,70	23,22	6,67	3,72	4,06	4,42	7,46	15,53	21,70

Andalan (%)	B U L A N											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEPT	OKT	NOP	DES
14,29	28,16	19,82	18,03	24,24	11,37	5,43	2,79	1,31	1,53	5,90	14,06	18,92
19,05	21,08	19,48	16,99	22,96	8,11	4,80	2,03	1,22	0,81	3,78	11,51	16,96
23,81	18,47	18,90	16,21	14,80	6,00	3,90	1,99	1,20	0,76	2,98	11,35	15,97
28,57	18,38	17,85	15,81	14,21	5,65	3,60	1,82	1,09	0,74	2,73	11,34	14,12
33,33	17,45	17,44	13,58	13,53	4,76	3,50	1,72	1,03	0,68	2,42	8,92	14,12
38,10	15,67	16,18	13,54	11,36	4,76	2,95	1,63	1,03	0,64	2,08	8,89	11,89
42,86	15,61	15,71	13,46	10,87	4,70	2,82	1,63	0,98	0,61	0,44	8,48	11,26
47,62	15,38	15,69	12,89	9,74	4,66	2,51	1,46	0,87	0,54	0,44	8,32	11,07
52,38	14,55	15,41	11,15	9,05	3,82	2,13	1,24	0,74	0,46	0,43	7,08	10,72
57,14	14,50	14,56	9,92	8,04	3,44	2,12	1,23	0,74	0,46	0,35	6,60	10,44
61,90	13,91	14,04	9,65	7,90	3,41	2,03	1,18	0,71	0,44	0,31	5,11	10,37
66,67	13,76	13,99	9,53	6,93	3,38	2,02	1,17	0,70	0,44	0,27	5,00	8,16
71,43	13,31	13,97	9,44	6,23	3,27	1,89	1,10	0,66	0,41	0,27	4,99	6,53
76,19	11,35	13,26	8,98	5,12	3,26	1,79	1,04	0,62	0,39	0,25	4,63	6,37
80,95	9,67	13,07	8,95	4,32	2,94	1,66	0,96	0,58	0,36	0,22	4,19	5,40
85,71	9,53	12,92	7,01	4,31	2,87	1,63	0,95	0,57	0,35	0,21	1,23	4,55
90,48	9,11	9,61	6,56	4,16	2,68	1,52	0,88	0,53	0,33	0,20	0,97	4,52
95,24	7,98	8,64	6,42	3,91	1,82	1,13	0,65	0,39	0,24	0,19	0,14	3,62
100,00	6,85	5,28	4,28	3,91	1,39	0,86	0,50	0,30	0,19	0,14	0,09	2,47

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan tabel tersebut, maka dapat dihitung debit andalan sesuai pemenuhan kebutuhan air. Sesuai penjelasan sebelumnya bahwa debit andalan yang dibutuhkan yaitu 80 % untuk irigasi dan 99 % untuk penyediaan air minum. Karena tidak terdapat nilai prosentase yang bulat, maka dilakukan inter polasi untuk masing-masing debit andalan.

Berikut ini merupakan hasil perhitungan debit andalan:

Tabel 5.38. Debit Andalan 80 % (m³/detik)

Nama DPS	B U L A N											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEPT	OKT	NOP	DES
Brantas Hulu	10,00	13,11	8,96	4,48	3,00	1,68	0,98	0,59	0,36	0,23	4,28	5,59

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5.39. Debit Air Rerata (m³/detik)

Nama DPS	B U L A N											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEPT	OKT	NOP	DES
Brantas Hulu	15,34	14,53	11,17	10,90	5,13	2,65	1,90	1,57	0,94	1,86	8,00	12,38

Sumber: Hasil Perhitungan

5.6 Perhitungan Curah Hujan Andalan dan Curah Hujan Efektif

Salah satu dasar untuk perhitungan kebutuhan air di sawah selain penyiapan lahan, penggunaan konsumtif tanaman, perkolasi, dan pergantian lapisan air (WLR) adalah perhitungan curah hujan andalan dan curah hujan efektif. Curah hujan andalan adalah curah hujan rata-rata setengah bulanan (mm/15 hari) dengan kemungkinan terpenuhi 80 % dan kemungkinan tak terpenuhi 20 %.

Curah hujan efektif adalah curah hujan yang digunakan tanaman untuk pertumbuhan. curah hujan efektif diperoleh dari pengolahan data curah hujan harian hasil pengamatan pada stasiun curah hujan yang ada di daerah irigasi atau daerah sekitarnya. Pada penelitian ini nilai curah hujan andalan diambil rerata 10 harian dari 4 stasiun curah hujan berdasarkan data curah hujan harian rata-rata pada lampiran (1990 - 2011). Curah hujan efektif untuk tanaman padi diambil 70 % berdasarkan debit andalan 80 % dari nilai curah hujan andalan. Sedangkan untuk curah hujan efektif pada tanaman palawija dihitung berdasarkan nilai curah hujan andalan 50 %.

Langkah-langkah perhitungan curah hujan andalan adalah sebagai berikut:

1. Curah hujan tahunan selama n tahun diurutkan dari kecil ke besar
2. Menghitung nilai curah hujan andalan 80 % (R80) dan curah hujan andalan 50 % (R50) sebagai acuan untuk menentukan curah hujan andalan dengan rumus Harza:

$$R_{80} = \frac{n}{5} + 1$$

$$R_{50} = \frac{n}{2} + 1$$

dengan:

R_{80} = Curah hujan dengan kemungkinan terjadi 80%

R_{50} = Curah hujan dengan kemungkinan terjadi 50%

n = jumlah data/ pengamatan

* keterangan: Data curah hujan 10 harian pada stasiun hujan Ngaglik, Ngujung, Temas dan Tinjumoyo dapat dilihat pada lampiran 1A – 1D.

Dari data curah hujan 10 harian masing-masing stasiun hujan tersebut dijumlahkan dan dibagi jumlah stasiun hujan. Sebelum menentukan R_{80} dan R_{50} terlebih dahulu diurutkan data curah hujan 10 harian setiap bulanya selama tahun pengamatan (1990 - 2011) dari yang terkecil ke yang terbesar.

Berdasarkan perhitungan dengan periode pengamatan curah hujan selama 11 tahun (1991-2011) diperoleh nilai:

$$R_{80} = \frac{22}{5} + 1 = 5,4 \approx 5$$

$$R_{50} = \frac{22}{2} + 1 = 12$$

Berdasarkan perhitungan tersebut diperoleh nilai $R_{80} = 5$, artinya curah hujan dengan kemungkinan terjadi 80% terletak pada kolom 5. Sedangkan nilai $R_{50} = 12$ yang artinya curah hujan dengan kemungkinan terjadi 50% terletak pada kolom 12.

Nilai di atas digunakan sebagai dasar perencanaan dalam penentuan nilai curah hujan efektif untuk padi dan palawija dari curah hujan tahunan yang telah diurutkan. Penentuan curah hujan efektif pada penelitian ini menggunakan metode Kementerian Pekerjaan Umum

Untuk perhitungan curah hujan andalan R_{80} dan R_{50} dapat dilihat pada Tabel 5.40

Tabel 5.40. Curah Hujan Andalan (10 Hari)

BULAN	PERIODE	Σ Hari	RANKING																					
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Probabilitas (%)			4,5	9,09	13,64	18,18	22,73	27,27	31,82	36,36	40,91	45,45	50,00	54,55	59,09	63,64	68,18	72,73	77,27	81,82	86,36	90,91	95,45	100,00
						R 80							R 50											
JAN	1	10	24	40	50	56	58	70	73	84	90	94	94	103	114	115	121	127	132	146	148	149	152	177
	2	10	7	18	30	32	39	47	50	62	65	69	72	85	88	101	114	115	115	131	136	138	158	235
	3	11	31	67	75	78	84	87	101	112	113	120	121	125	146	148	155	156	159	163	178	186	195	288
FEB	1	10	12	57	58	66	74	87	87	92	98	102	103	104	109	121	123	124	134	155	157	178	190	193
	2	10	13	30	38	39	42	50	53	57	80	82	86	87	89	95	103	104	106	111	127	134	144	178
	3	8	2	28	34	35	43	46	52	59	63	73	76	79	87	96	100	103	122	125	129	130	158	188
MAR	1	10	4	9	37	46	49	61	61	63	63	66	81	86	93	103	104	104	105	129	135	154	156	216
	2	10	24	24	25	28	29	31	38	43	44	53	59	65	67	70	83	98	132	139	141	152	160	185
	3	11	0	0	3	21	22	29	37	45	46	46	49	52	61	74	74	86	97	118	138	140	179	318
APR	1	10	0	12	22	22	27	27	29	36	38	41	47	53	65	74	84	85	89	92	100	114	132	140
	2	10	0	0	10	18	30	34	37	38	46	46	59	60	80	86	110	113	119	122	154	163	197	214
	3	10	0	1	4	5	7	9	11	14	18	18	20	20	20	21	25	26	38	41	56	59	127	174
MEI	1	10	0	0	0	2	2	4	4	10	10	16	22	23	28	33	33	47	48	61	65	68	72	114
	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4	8	11	17	25	26	27	34	35	46	51	54
	3	11	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	4	7	12	15	22	32	48	50	55	63	78

BULAN	PERIODE	Σ Hari	RANKING																					
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Probabilitas (%)			4,5	9,09	13,64	18,18	22,73	27,27	31,82	36,36	40,91	45,45	50,00	54,55	59,09	63,64	68,18	72,73	77,27	81,82	86,36	90,91	95,45	100,00
JUN	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	3	7	8	11	14	14	15	19	22	45	94
	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	3	4	13	16	17	25	27	31
	3	10	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	3	7	7	8	9	10	10	10	10	13	16
JUL	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	3	3	5	19	25	29	29
	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4	5	11	13	16	29	60
	3	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	9	44
AGS	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	5	5	17
	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	8	8	17
	3	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	11	21	22	42	66
SEP	1	10	3	13	15	15	20	20	21	24	25	26	28	30	30	30	31	33	38	39	40	52	60	61
	2	10	3	10	11	11	12	13	13	14	14	18	22	23	24	24	31	31	33	33	37	38	51	106
	3	10	0	7	12	12	13	13	16	18	19	26	26	31	32	33	33	35	36	41	44	53	74	110
OKT	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	12	13	16	20	32	48	61	69
	2	10	0	0	0	0	0	0	1	2	6	7	7	9	13	14	16	21	26	26	30	83	96	199
	3	11	0	0	0	0	3	15	15	21	23	23	33	37	39	40	42	50	61	63	79	81	82	137
NOP	1	10	0	1	4	10	14	15	16	20	27	31	48	49	56	75	76	78	90	91	127	135	159	201
	2	10	1	8	18	19	20	20	27	28	33	33	36	44	45	53	60	73	84	106	118	122	142	155
	3	10	0	9	16	18	28	40	52	53	54	72	73	74	93	93	108	120	123	127	128	146	206	221

BULAN	PERIODE	Σ Hari	RANKING																					
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Probabilitas (%)			4,5	9,09	13,64	18,18	22,73	27,27	31,82	36,36	40,91	45,45	50,00	54,55	59,09	63,64	68,18	72,73	77,27	81,82	86,36	90,91	95,45	100,00
DES	1	10	4	14	14	18	21	31	52	52	66	68	68	70	79	79	81	93	104	104	110	136	142	178
	2	10	16	20	21	24	30	30	31	40	41	43	44	49	66	70	73	76	78	99	116	118	133	146
	3	11	2	10	14	15	18	24	32	41	50	51	61	80	80	97	104	120	133	134	139	170	190	200

Sumber: Hasil Perhitungan

Langkah-langkah perhitungan curah hujan efektif menurut metode PU dengan contoh perhitungan diambil data bulan Januari.

Untuk Tanaman padi pada bulan Januari :

1. Diketahui dari jumlah data curah hujan R_{80} setiap 10 harian bulan Januari adalah :

10 hari pertama = 58 mm

10 hari kedua = 39 mm

10 hari ketiga = 84 mm

2. Maka curah hujan efektif tanaman padi menurut metode PU pada bulan Januari adalah:

$$Reff = R_{80} \times 70\% / 10 \quad (\text{persamaan 2.21})$$

10 hari pertama = $58 \text{ mm} \times 0,7 / 10 \text{ hari}$ = 4,04 mm/hari

10 hari kedua = $39 \text{ mm} \times 0,7 / 10 \text{ hari}$ = 2,75 mm/hari

10 hari ketiga = $84 \text{ mm} \times 0,7 / 10 \text{ hari}$ = 5,86 mm/hari

Untuk tanaman palawija bulan januari :

1. Diketahui dari jumlah data curah hujan R_{50} setiap 10 harian bulan Januari adalah:

10 hari pertama = 103 mm

10 hari kedua = 85 mm

10 hari ketiga = 125 mm

2. Maka curah hujan efektif tanaman palawija menurut metode PU pada bulan Januari adalah :

$$Reff = R_{50} / 10$$

10 hari pertama = $103 \text{ mm} / 10 \text{ hari}$ = 10,3 mm/hari

10 hari kedua = $85 \text{ mm} / 10 \text{ hari}$ = 8,5 mm/hari

10 hari ketiga = $125 \text{ mm} / 10 \text{ hari}$ = 12,5 mm/hari

Untuk perhitungan Curah hujan efektif selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.41 berikut ini:

Tabel 5.41. Curah Hujan Efektif (mm)

BULAN	PERIODE	Σ Hari	Padi	Curah Hujan Efektif	Palawija	Curah Hujan Efektif
			R80		R50	
JANUARI	1	10	58	4,04	103	10,28
	2	10	39	2,75	85	8,53
	3	11	84	5,86	125	12,53
FEBRUARI	1	10	74	5,18	104	10,38
	2	10	42	2,94	87	8,70
	3	8	43	2,99	79	7,85
MARET	1	10	49	3,43	86	8,63
	2	10	29	2,05	65	6,45
	3	11	22	1,56	52	5,23
APRIL	1	10	27	1,89	53	5,33
	2	10	30	2,10	60	5,95
	3	10	7	0,51	20	2,03
MEI	1	10	2	0,14	23	2,28
	2	10	0	0,00	8	0,83
	3	11	0	0,00	4	0,35
JUNI	1	10	0	0,00	3	0,25
	2	10	0	0,00	1	0,13
	3	10	0	0,00	3	0,33
JULI	1	10	0	0,00	0	0,00
	2	10	0	0,00	1	0,05
	3	11	0	0,00	0	0,00
AGUSTUS	1	10	0	0,00	0	0,00
	2	10	0	0,00	0	0,00
	3	11	0	0,00	0	0,00
SEPTEMBER	1	10	20	1,40	30	2,98
	2	10	12	0,82	23	2,25
	3	10	13	0,88	31	3,08
OKTOBER	1	10	0	0,00	2	0,15
	2	10	0	0,00	9	0,93
	3	11	3	0,21	37	3,68
NOPEMBER	1	10	14	0,95	49	4,85
	2	10	20	1,37	44	4,43
	3	10	28	1,94	74	7,35
DESEMBER	1	10	21	1,47	70	7,00
	2	10	30	2,08	49	4,85
	3	11	18	1,26	80	8,00

Sumber: Hasil Perhitungan

5.7 Kebutuhan Irigasi

Kebutuhan air untuk tanaman adalah sejumlah air yang dibutuhkan untuk tanaman pada kondisi pertumbuhan yang optimal tanpa kekurangan air yang dinyatakan dengan netto kebutuhan air di sawah (*Netto from Requirement, NFR*), nilai netto kebutuhan air di sawah didekati dengan pendekatan agroklimatologi berdasarkan jenis dan tahap pertumbuhan tanaman, karakteristik tanah dan klimatologi.

Pada lokasi studi, budidaya pertanian yang diterapkan adalah padi dan tanaman palawija. Kebutuhan air tanaman ditinjau berdasarkan neraca air tergantung dari parameter sebagai berikut :

- a. Perkolasi
- b. Penyiapan lahan
- c. Penggunaan konsumtif tanaman
- d. Pergantian lapisan air
- e. Curah hujan efektif

5.7.1 Penentuan Nilai Perkolasi

Perkolasi terjadi pada saat lahan ditanami padi. Lahan digenangi air terus menerus sehingga kondisi tanah menjadi jenuh. Pada kondisi tanah jenuh, pergerakan air dalam lapisan tanah menuju arah vertikal dan horizontal. Pergerakan air arah vertikal disebut perkolasi dan arah horizontal disebut rembesan. Besarnya nilai perkolasi pada daerah kajian adalah 3 mm/hari (Standart Perencanaan Irigasi KP-01, 1986);

5.7.2 Koefisien Tanaman

Besarnya koefisien tanaman (k) untuk setiap jenis tanaman berbeda – beda yang besarnya berubah setiap periode pertumbuhan tanaman itu sendiri. Dalam studi ini nilai koefisien yang digunakan disesuaikan dengan ketentuan dari NEDECO Prosida Study.

Tabel 5.42. Koefisien Tanaman

Padi (Varietas Unggul)		Palawija (Jagung)	
Umur (hari)	K	Umur (hari)	K
10	1,1	10	0,5
20	1,1	20	0,65
30	1,1	30	0,75
40	1,05	40	1
50	1,05	50	1
60	1,05	60	1
70	0,95	70	0,82
80	0,95	80	0,72
90	0	90	0,45

Sumber: Anonim KP-01, 1986:164

5.7.3 Kebutuhan Air untuk Penyiapan Lahan

Penyiapan lahan adalah pengolahan lahan pada tahap persiapan tanah untuk keperluan tanaman agar sesuai dengan pertumbuhannya, kebutuhan air untuk penyiapan lahan umumnya menentukan kebutuhan maksimum air irigasi untuk perencanaan pemberian air irigasi.

Faktor – faktor yang penting dalam menentukan besarnya kebutuhan air untuk penyiapan lahan adalah :

- Lamanya waktu penyiapan lahan
- Jumlah air yang diperlukan untuk penyiapan lahan

Dalam perhitungan kebutuhan irigasi selama penyiapan lahan digunakan metode yang dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijlstra (1986). Metode ini didasarkan pada laju air konstan dalam lt/dt selama metode penyiapan lahan. Adapun persamaanya sebagai berikut:

$$IR = M \left(\frac{e^k}{e^k - 1} \right)$$

Dengan:

IR = kebutuhan air di tingkat persawahan (mm/hari)

M = kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang telah dijenukan = ETc + P (mm/hari)

P = perkolasi (mm/hari);

ET_c = evaporasi terbuka ($=1.1 \times ETo$), (mm/hari);

k = $M (T/S)$;

dengan:

T = waktu penyiapan lahan (hari)

S = lapisan air yang dibutuhkan untuk persiapan lahan (mm)

e = koefisien (2,718)

Contoh perhitungan kebutuhan air untuk penyiapan lahan untuk bulan November periode I (10 harian pertama) adalah sebagai berikut :

1. $ETo = 2,98 \text{ mm/ hari}$

2. $ET_c = 1,1 \times ETo$
 $= 1,1 \times 2,988$
 $= 3,286 \text{ mm/hari}$

3. $P = 3 \text{ mm/hari}$ (Standart Perencanaan Irigasi KP-01, 1986)

4. $M = ET_c + P$
 $= 3,286 + 3$
 $= 6,286 \text{ mm/hari}$

5. $T = 31 \text{ hari}$

6. $S = 300 \text{ mm}$

7. $k = MT / S$
 $= 6,286 \times 31 / 300$
 $= 0,629$

8. $IR = (Me^k) / (e^k - 1)$
 $= (6,286 \times 2,718^{0,629}) / (2,718^{0,629} - 1)$
 $= 13,47 \text{ mm/hari}$

Untuk hasil selengkapnya mengenai kebutuhan air untuk penyiapan lahan rata-rata setiap bulanya disajikan pada tabel 5.43 berikut ini:

Tabel 5.43. Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan

No	Parameter	Bulan											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	ET _o	2,80	2,74	2,69	2,70	2,62	2,41	2,25	2,27	2,57	2,93	2,99	2,88
2	ET _c = ET _o x 1,1	3,08	3,02	2,96	2,97	2,88	2,65	2,48	2,50	2,82	3,22	3,29	3,17
3	P	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
4	M = ET _c + P	6,08	6,02	5,96	5,97	5,88	5,65	5,48	5,50	5,82	6,22	6,29	6,17
5	T	31,00	28,23	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00
6	S	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00
7	k = MT / S	0,63	0,57	0,62	0,60	0,61	0,57	0,57	0,57	0,58	0,64	0,63	0,64
8	IR = (Me ^k) / (e ^k - 1)	13,03	13,92	12,96	13,28	12,92	13,09	12,67	12,69	13,19	13,12	13,47	13,09

Sumber: Hasil Perhitungan

5.7.4 Kebutuhan Air untuk Penggunaan Konsumtif

Penggunaan air untuk penggunaan konsumtif tanaman merupakan kedalaman air yang diperlukan untuk memenuhi evapotranspirasi tanaman yang bebas penyakit, tumbuh di areal pertanian pada kondisi yang cukup air, memiliki kesuburan tanah dengan potensi pertumbuhan yang baik dan tingkat pertumbuhan yang baik.

Kebutuhan air untuk tanaman tergantung dari besarnya evapotranspirasi dikalikan dengan faktor koefisien tanaman. Adapun persamaanya adalah sebagai berikut:

$$ET_c = ET_o \times k_c$$

Dengan :

ET_c (Cu) = kebutuhan air konsumtif untuk tanaman (mm/hari);

ET_o = evapotranspirasi (mm/hari);

k_c = koefisien tanaman

Contoh perhitungan kebutuhan air untuk penggunaan konsumtif tanaman padi pada bulan November periode 1 adalah sebagai berikut:

$$k = 1,1 \text{ (Tabel 5.42)}$$

$$ET_o = 2,98 \text{ mm/hari}$$

$$ET_c = k_c \cdot ET_o$$

$$= 1,1 * 2,98$$

$$= 3,29 \text{ mm/hari}$$

5.7.5 Penggantian Lapisan Air

Pertumbuhan dan produksi padi terbaik tercapai pada tanah tergantung pada tinggi lapisan, penggenangan yang baik genangnya kurang dari 5 cm, sedangkan penggenangan lebih dari 10 cm dapat mempertinggi sterilisasi varietas, sehingga dapat menghambat pembentukan anakan.

Efek reduksi pertumbuhan tanaman dapat dikurangi dengan melakukan pergantian lapisan air (genangan). Pergantian lapisan air ini dilakukan 2 kali, masing – masing 50 mm (atau 3,3 mm/hari selama setengah bulan) yang dilakukan sebulan dan dua bulan setelah masa transplantasi.

5.7.6 Efisiensi Irigasi

Efisiensi irigasi merupakan perbandingan antara debit air sampai di lahan pertanian dengan debit yang keluar dari pintu pengambilan. Sebelum sampai di petak sawah, air harus dialirkan dari sumbernya melalui saluran – saluran induk, sekunder, dan tersier. Di dalam system saluran terjadi kehilangan – kehilangan debit yang disebabkan hal-hal seperti evaporasi, perkolasi, kebocoran saluran juga memperhitungkan curah hujan efektif, evapotranspirasi dan kebutuhan air di luar irigasi seperti untuk air industri, perikanan dan lain – lain sehingga mengakibatkan jumlah air sampai ke petak sawah menjadi berkurang (lebih kecil) dari jumlah yang diambil dari pintu pengambilan, dengan nilai efisiensi sebagai berikut :

1. Efisiensi saluran primer sebesar 90%
2. Efisiensi saluran sekunder sebesar 90%
3. Efisiensi saluran tersier sebesar 80%

Jadi besarnya efisiensi secara keseluruhan adalah $90\% \times 90\% \times 80\% = 65\% = 0,65$.

5.7.7 Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan Air Irigasi Berdasarkan Data Pola Tanam Eksisting

Berdasarkan data Dinas Pertanian dan Kehutanan Kota Batu tahun 2013 bahwa awal tanam padi dan palawija dimulai pada bulan November. Secara keseluruhan luasan wilayah yang dimanfaatkan sebagai lahan bertanam padi maupun palawija adalah sebagai berikut:

- a. Padi = 1098 ha
- b. Palawija = 1328 ha

Pola tanam yang selama ini dilakukan oleh para petani adalah ***Padi – padi - palawija/palawija – palawija - palawija***

Berdasarkan pola tata tanam diatas dapat diketahui kebutuhan air irigasi di pintu pengambilan tiap periodenya. Langkah – langkah berikut merupakan contoh perhitungan Pola Tata Tanam Eksisting dengan menggunakan metode KP PU pada bulan November periode I:

Data yang diketahui :

- Umur panen tanaman padi 90 hari
- Umur panen tanaman jagung 90 hari
- Penanaman dimulai bulan November (Awal Minggu I)
- Sistem Pembagian Pola Tata Tanam 10 harian
- Koefisien Tanaman (Tabel 5.41 koefisien Tanaman).
- Evapotranspirasi Potensial (perhitungan Evapotranspirasi Potensial November)
= 2,99 mm/hari
- Penyiapan Lahan (perhitungan penyiapan lahan november) = 13,47 mm/hari
- Waktu Penggantian Air (WLR) = 30 hari
- Curah Hujan Efektif (perhitungan Curah hujan Efektif November I) :
Padi = 0,95 mm/hari Palawija = 4,85 mm/hari
- WLR dimulai pada hari ke-30 setelah masa tanam
- Jangka waktu penyiapan lahan (T) = 31 hari

Perhitungan :

1. Menggambar PTT sesuai dengan jenis tanaman dan waktu mulai tanam

2. Menentukan koefisien tanaman padi sesuai dengan grafik periode umur tanaman.

Rerata koefisien tanaman dengan rumus :

$$\text{Rerata} = \frac{\text{Koefisien}}{\text{Jumlah koefisien}}$$

$$\text{Rerata} = \frac{1,1 + 0}{1} = 1,1$$

3. Memasukkan harga evapotranspirasi potensial dari hasil perhitungan Penmmann Modifikasi. Untuk bulan November = 2,99 mm/hr
4. Menghitung penggunaan air konsumtif Etc dengan rumus :

Padi

$$\begin{aligned}\text{Etc} &= \text{kc. ETo} \\ &= 1,1 \cdot 2,99 \\ &= 3,29 \text{ mm/hari}\end{aligned}$$

5. Rasio penggunaan Air Konsumtif (cu) = 0,167

6. Kebutuhan Air Tanaman dengan rumus :

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan Air Tanaman (Padi)} &= \text{cu} \times \text{Rasio luas} \\ &= 3,29 \times 0,17 \\ &= 0,55 \text{ mm/hari}\end{aligned}$$

7. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan didapat dari tabel perhitungan Penyiapan Lahan (PL) pada bulan november yaitu sebesar 13,47 mm/hari

8. Rasio Luas Penyediaan lahan = 0,83 ha

9. Kebutuhan Air untuk Penyiapan Lahan :

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan Air untuk PL (Padi)} &= \text{PL} \times \text{Rasio luas} \\ &= 13,47 \times 0,83 \\ &= 11,23 \text{ mm/hari}\end{aligned}$$

10. Perkolasi dapat diketahui berdasarkan jenis tanah yaitu Clay Loam dengan perkolasi sebesar 3 mm/hr

11. Rasio Perkolasi = 0,17

12. Perkolasi dengan rasio luas didapat dengan rumus :

$$\begin{aligned}&= \text{Perkolasi} \times \text{Rasio Luas} \\ &= 3 \times 0,17\end{aligned}$$

$$= 0,5 \text{ mm/hari}$$

13. Pergantian lapisan air (WLR) di hitung setelah 30 hari dari awal tanam Padi.

14. Rasio Luas WLR dihitung setelah 30 hari dari awal tanam Padi.

15. Kebutuhan Air untuk WLR dihitung setelah 30 hari dari awal tanam Padi dengan rumus:

$$\text{Kebutuhan Air untuk WLR} = \text{WLR} \times \text{Rasio Luas WLR}$$

16. Curah Hujan Efektif didapat dari tabel perhitungan Curah Hujan Efektif (Tabel 5.41)

$$\text{Padi} = 0,95 \text{ mm/hari}$$

17. Kebutuhan Air di sawah (NFR) dengan rumus:

$$\text{NFR} = \text{Keb. Air Tanaman} + \text{Keb. Air untuk PL} + \text{Perkolasi dengan Rasio Luas} - R_{\text{eff}}$$

$$= 0,55 + 11,28 + 0,5 + 0 - 0,95$$

$$= 11,33 \text{ mm/hari}$$

18. Efisiensi Irigasi didapat dari ketetapan koefisien saluran sebesar 90% x 90 % x 80 % = 65 % = 0,65

19. Kebutuhan Air persatuan Luas didapat dengan rumus:

$$\text{Kebutuhan Air Persatuan Luas (Padi)} = \text{NFR} \times 10000 (24 \times 60 \times 60)$$

$$= 11,33 \times 10000 (24 \times 60 \times 60)$$

$$= 1,31 \text{ lt/dt/hari}$$

20. Kebutuhan Air Irigasi di intake didapat dengan rumus:

$$\text{Kebutuhan air irigasi di intake (Padi)} = ((\text{kebutuhan air persatuan luas/efisiensi irigasi}) / 1000) \times \text{luas baku sawah}$$

$$= ((1,31/0,65)/1000) \times 1098 \text{ ha}$$

$$= 2,21 \text{ m}^3/\text{dt}$$

21. Jadi Total Kebutuhan air irigasi di intake:

$$= \text{kebutuhan air irigasi di intake (Padi)} + \text{kebutuhan air irigasi di intake (Palawija)}$$

$$= 2,21 + 0$$

$$= 2,21 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Analisis kebutuhan irigasi selengkapnya berdasar pola tanam eksisting dapat dilihat pada daftar lampiran 3.

Untuk mengetahui keseimbangan air terhadap irigasi pada sub DAS Brantas hulu disajikan pada Tabel 5.44 dan gambar 5.2. grafik ketersediaan air terhadap irigasi, dimana berdasarkan data Dinas Pertanian dan Kehutanan Kota Batu tahun 2013 diketahui luas baku sawah, pola tanam dan awal penanaman sebagai berikut:

- Luas baku sawah : 2480 ha
 - Padi : 1098 ha
 - Palawija : 1382
- Pola tanam : padi – padi - palawija/palawija - palawija- palawija
- Awal tanam : 1 November

Tabel 5.44. Analisis Ketersediaan Dan Kebutuhan Air Irigasi

Bulan	Kebutuhan Air (m ³ /dt)			Ketersediaan Air (m ³ /dt)		
	10 Harian			10 Harian		
	I	II	III	I	II	III
NOPEMBER	2,21	1,66	1,08	4,28	4,28	4,28
DESEMBER	0,96	0,94	1,20	5,59	5,59	5,59
JANUARI	0,62	0,75	0,00	10,00	10,00	10,00
FEBRUARI	0,14	1,08	1,78	13,11	13,11	13,11
MARET	0,00	0,00	0,00	8,96	8,96	8,96
APRIL	0,00	0,00	0,90	4,48	4,48	4,48
MEI	0,78	1,08	1,08	3,00	3,00	3,00
JUNI	0,84	0,47	0,04	1,68	1,68	1,68
JULI	0,17	0,52	0,91	0,98	0,98	0,98

Bulan	Kebutuhan Air (m ³ /dt)			Ketersediaan Air (m ³ /dt)		
	10 Harian			10 Harian		
	I	II	III	I	II	III
AGUSTUS	1,19	1,25	1,30	0,59	0,59	0,59
SEPTEMBER	0,60	0,72	0,40	0,36	0,36	0,36
OKTOBER	0,93	0,30	0,00	0,23	0,23	0,23

Sumber: Hasil Perhitungan

5.8 Kebutuhan Non Irigasi

Kebutuhan air non irigasi terdiri dari dua jenis yaitu kebutuhan domestik dan non domestik. Kebutuhan domestik dalam penelitian ini mencakup konsumsi air minum dan kran umum (KU). Sedangkan kebutuhan non domestik digunakan untuk fasilitas umum seperti pendidikan, rumah ibadah, hotel, kesehatan, perkantoran, industri dan peternakan.

Sebelum menghitung kebutuhan air terlebih dahulu dilakukan proyeksi penduduk hingga tahun 2030. Proyeksi penduduk yaitu memprediksi jumlah penduduk pada tahun tertentu dengan konversi rata-rata pertumbuhan penduduk per tahun. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kota (Batu Dalam Angka) jumlah pertumbuhan penduduk berdasarkan kecamatan per tahunnya sebagai berikut:

Tabel 5.45. Pertumbuhan Penduduk per tahun (jiwa)

No	Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)		
		Batu	Junrejo	Bumiaji
1	2003	77.039	40.057	49.852
2	2004	77.799	40.350	50.395
3	2005	79.252	40.201	51.244
4	2006	80.450	40.758	51.120
5	2007	81.065	40.910	51.320
6	2008	88.178	46.382	55.624
7	2009	97.881	50.447	58.652
8	2010	98.497	50.732	59.137
9	2011	96.352	51.263	59.912
10	2012	97.780	51.743	60.586

Sumber : Batu Dalam Angka

Dalam melakukan proyeksi penduduk digunakan beberapa metode antara lain metode aritmatik, geometrik dan least square untuk memperoleh nilai r yang mendekati satu. Hal ini bertujuan agar diperoleh keakuratan dalam proyeksi penduduk. Berikut ini merupakan perbandingan antara metode proyeksi tersebut berdasarkan masing-masing kecamatan:

• **Metode Arimatik**

Kecamatan Batu

No	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	X	X ²	Y	Y ²	XY	r
1	2003	77.039	0	0	0	0	0	0,105
2	2004	77.799	1	1	760	577.600	760	
3	2005	79.252	2	4	1.453	2.111.209	2.906	
4	2006	80.450	3	9	1.198	1.435.204	3.594	
5	2007	81.065	4	16	615	378.225	2.460	
6	2008	88.178	5	25	7.113	50.594.769	35.565	
7	2009	97.881	6	36	9.703	94.148.209	58.218	
8	2010	98.497	7	49	616	379.456	4.312	
9	2011	96.352	8	64	(2.145)	4.601.025	(17.160)	
10	2012	97.780	9	81	1.428	2.039.184	12.852	
			45	285	20.741	156.264.881	103.507	0,105

Kecamatan Junrejo

No	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	X	X ²	Y	Y ²	XY	r
1	2003	40.057	0	0	0	0	0	0,227
2	2004	40.350	1	1	293	85.849	293	
3	2005	40.201	2	4	(149)	22.201	(298)	
4	2006	40.758	3	9	557	310.249	1.671	
5	2007	40.910	4	16	152	23.104	608	
6	2008	46.382	5	25	5.472	29.942.784	27.360	
7	2009	50.447	6	36	4.065	16.524.225	24.390	
8	2010	50.732	7	49	285	81.225	1.995	
9	2011	51.263	8	64	531	281.961	4.248	
10	2012	51.743	9	81	480	230.400	4.320	
			45	285	11.686	47.501.998	64.587	0,227

Kecamatan Junrejo

No	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	X	X ²	Y	Y ²	XY	r
1	2003	49.852	0	0	0	0	0	0,248
2	2004	50.395	1	1	543	294.849	543	
3	2005	51.244	2	4	849	720.801	1.698	
4	2006	51.120	3	9	(124)	15.376	(372)	
5	2007	51.320	4	16	200	40.000	800	
6	2008	55.624	5	25	4.304	18.524.416	21.520	
7	2009	58.652	6	36	3.028	9.168.784	18.168	

No	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	X	X ²	Y	Y ²	XY	r
8	2010	59.137	7	49	485	235.225	3.395	
9	2011	59.912	8	64	775	600.625	6.200	
10	2012	60.586	9	81	674	454.276	6.066	
			45	285	10.734	30.054.352	58.018	0,248

Sumber : Hasil Perhitungan

• **Metode Geometrik**

Kecamatan Batu

No	Tahun	Jumlah Penduduk (P) (Jiwa)	X	X ²	Y = ln P	Y ²	XY	r
1	2003	77.039	1	1	11,252	126,609	11,252	
2	2004	77.799	2	4	11,262	126,830	22,524	0,937
3	2005	79.252	3	9	11,280	127,247	33,841	
4	2006	80.450	4	16	11,295	127,586	45,182	
5	2007	81.065	5	25	11,303	127,758	56,515	
6	2008	88.178	6	36	11,387	129,666	68,323	
7	2009	97.881	7	49	11,492	132,055	80,441	
8	2010	98.497	8	64	11,498	132,199	91,982	
9	2011	96.352	9	81	11,476	131,693	103,282	
10	2012	97.780	10	100	11,490	132,031	114,905	
			55	385	114	1.294	628	0,937

Kecamatan Junrejo

No	Tahun	Jumlah Penduduk (P) (Jiwa)	X	X ²	Y = ln P	Y ²	XY	r
1	2003	40.057	1	1	10,598	112,319	10,598	
2	2004	40.350	2	4	10,605	112,473	21,211	0,932
3	2005	40.201	3	9	10,602	112,395	31,805	
4	2006	40.758	4	16	10,615	112,687	42,462	
5	2007	40.910	5	25	10,619	112,766	53,096	
6	2008	46.382	6	36	10,745	115,448	64,468	
7	2009	50.447	7	49	10,829	117,260	75,801	
8	2010	50.732	8	64	10,834	117,382	86,674	
9	2011	51.263	9	81	10,845	117,608	97,603	
10	2012	51.743	10	100	10,854	117,810	108,540	
			55	385	107	1.148	592	0,932

Kecamatan Bumiaji

No	Tahun	Jumlah Penduduk (P) (Jiwa)	X	X ²	Y = ln P	Y ²	XY	r
1	2003	49.852	1	1	10,817	117,003	10,817	0,953
2	2004	50.395	2	4	10,828	117,238	21,655	
3	2005	51.244	3	9	10,844	117,600	32,533	
4	2006	51.120	4	16	10,842	117,547	43,368	
5	2007	51.320	5	25	10,846	117,632	54,229	
6	2008	55.624	6	36	10,926	119,386	65,558	
7	2009	58.652	7	49	10,979	120,547	76,856	
8	2010	59.137	8	64	10,988	120,728	87,901	
9	2011	59.912	9	81	11,001	121,014	99,006	
10	2012	60.586	10	100	11,012	121,260	110,118	
			55	385	109	1.190	602	0,953

Sumber : Hasil Perhitungan

• Metode Least Square

Kecamatan Batu

No	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	X	X ²	Y	Y ²	XY	r
1	2003	77.039	1	1	77.039	5.935.007.521	77.039	0,933
2	2004	77.799	2	4	77.799	6.052.684.401	155.598	
3	2005	79.252	3	9	79.252	6.280.879.504	237.756	
4	2006	80.450	4	16	80.450	6.472.202.500	321.800	
5	2007	81.065	5	25	81.065	6.571.534.225	405.325	
6	2008	88.178	6	36	88.178	7.775.359.684	529.068	
7	2009	97.881	7	49	97.881	9.580.690.161	685.167	
8	2010	98.497	8	64	98.497	9.701.659.009	787.976	
9	2011	96.352	9	81	96.352	9.283.707.904	867.168	
10	2012	97.780	10	100	97.780	9.560.928.400	977.800	
			55	385	874.293	77.214.653.309	5.044.697	0,933

Kecamatan Junrejo

No	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	X	X ²	Y	Y ²	XY	r
1	2003	40.057	1	1	40.057	1.604.563.249	40.057	0,932
2	2004	40.350	2	4	40.350	1.628.122.500	80.700	
3	2005	40.201	3	9	40.201	1.616.120.401	120.603	
4	2006	40.758	4	16	40.758	1.661.214.564	163.032	
5	2007	40.910	5	25	40.910	1.673.628.100	204.550	

No	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	X	X ²	Y	Y ²	XY	r
6	2008	46.382	6	36	46.382	2.151.289.924	278.292	0,932
7	2009	50.447	7	49	50.447	2.544.899.809	353.129	
8	2010	50.732	8	64	50.732	2.573.735.824	405.856	
9	2011	51.263	9	81	51.263	2.627.895.169	461.367	
10	2012	51.743	10	100	51.743	2.677.338.049	517.430	
			55	385	452.843	20.758.807.589	2.625.016	

Kecamatan Bumiaji

No	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	X	X ²	Y	Y ²	XY	r
1	2003	49.852	1	1	49.852	2.485.221.904	49.852	0,952
2	2004	50.395	2	4	50.395	2.539.656.025	100.790	
3	2005	51.244	3	9	51.244	2.625.947.536	153.732	
4	2006	51.120	4	16	51.120	2.613.254.400	204.480	
5	2007	51.320	5	25	51.320	2.633.742.400	256.600	
6	2008	55.624	6	36	55.624	3.094.029.376	333.744	
7	2009	58.652	7	49	58.652	3.440.057.104	410.564	
8	2010	59.137	8	64	59.137	3.497.184.769	473.096	
9	2011	59.912	9	81	59.912	3.589.447.744	539.208	
10	2012	60.586	10	100	60.586	3.670.663.396	605.860	
			55	385	547.842	30.189.204.654	3.127.926	

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil perbandingan ketiga metode pada masing-masing kecamatan diperoleh nilai regresi yang mendekati satu yaitu dengan menggunakan *metode geometrik* dengan nilai regresi berturut-turut dari Kecamatan Batu, Kecamatan Junrejo dan Kecamatan Bumiaji adalah 0.937, 0.932 dan 0.953. kemudian dihitung rasio pertumbuhan rata-rata penduduk per tahun dengan persamaan:

$$P_n = P_o (1 + r)^{dt}$$

P_n = Populasi pada tahun ke-n (proyeksi penduduk)

P_o = populasi saat ini

r = rata-rata pertambahan penduduk pertahun

dimana:

$$r = \left(\frac{p_o}{p_t} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

po = populasi saat ini

pt = populasi tahun dasar (tahun awal data yang diambil)

n = jumlah data yang diambil

dt = kurun waktu proyeksi

Contoh perhitungan proyeksi penduduk Kota Batu :

1) Menentukan rasio pertumbuhan penduduk Kecamatan Batu

Berdasarkan data BPS Kota Batu tahun 2013 bahwa jumlah penduduk Kecamatan Batu tahun 2003 adalah 77.039 jiwa dan pada tahun 2012 adalah 97.780 jiwa, sehingga diperoleh analisa proyeksi penduduk sebagai berikut:

$$r = \left\{ \left(\frac{97780}{77039} \right) \right\}^{\frac{1}{10}} - 1$$

$$r = 0,024 \approx 2,4\%$$

maka proyeksi penduduk Kecamatan Batu pada tahun 2013 adalah:

$$y = 97.780 * (1 + 0,024)^1$$

$$y = 100.139 \text{ jiwa}$$

2) Menentukan rasio pertumbuhan penduduk Kecamatan Junrejo

Jumlah penduduk Kecamatan Junrejo pada tahun 2003 sebesar 40.057 jiwa dan pada tahun 2012 mencapai 51.743, sehingga proyeksi penduduk sebagai berikut:

$$r = \left\{ \left(\frac{51743}{40057} \right) \right\}^{\frac{1}{10}} - 1$$

$$r = 0,025 \approx 2,5\%$$

maka proyeksi penduduk Kecamatan Junrejo pada tahun 2013 adalah:

$$P_n = 51.743 * (1 + 0,025)^1$$

$$P_n = 53.085 \text{ jiwa}$$

3) Menentukan rasio pertumbuhan penduduk Kecamatan Bumiaji

Berdasarkan data BPS Kota Batu tahun 2013 bahwa jumlah penduduk Kecamatan Bumiaji tahun 2003 adalah 49.852 jiwa dan pada tahun 2012 adalah 60.586 jiwa, sehingga diperoleh analisa proyeksi penduduk sebagai berikut:

$$r = \left\{ \left(\frac{60586}{49852} \right) \right\}^{\frac{1}{10}} - 1$$

$$r = 0,019 \approx 1,9 \%$$

maka proyeksi penduduk Kecamatan Bumiaji pada tahun 2013 adalah:

$$P_n = 60.856 \cdot (1 + 0,019)^1$$

$$P_n = 61.779 \text{ jiwa}$$

Untuk proyeksi penduduk masing-masing kecamatan dapat dilihat pada Tabel 5.46 berikut ini:

Tabel 5.46. Proyeksi Penduduk Kota Batu

No	Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)			
		Batu	Junrejo	Bumiaji	Total
1	2003	77.039	40.057	49.852	166.948
2	2004	77.799	40.350	50.395	168.544
3	2005	79.252	40.201	51.244	170.697
4	2006	80.450	40.758	51.120	172.328
5	2007	81.065	40.910	51.320	173.295
6	2008	88.178	46.382	55.624	190.184
7	2009	97.881	50.447	58.652	206.980
8	2010	98.497	50.732	59.137	208.366
9	2011	96.352	51.263	59.912	207.527
10	2012	97.780	51.743	60.586	210.109
11	2013	100.139	53.085	61.779	215.003
12	2014	102.555	54.461	62.996	220.012
13	2015	105.030	55.873	64.236	225.139
14	2016	107.564	57.322	65.501	230.387
15	2017	110.159	58.808	66.791	235.758
16	2018	112.817	60.333	68.106	241.256
17	2019	115.539	61.897	69.447	246.883
18	2020	118.326	63.502	70.815	252.644
19	2021	121.181	65.149	72.209	258.540
20	2022	124.105	66.838	73.631	264.574
21	2023	127.099	68.571	75.081	270.752
22	2024	130.166	70.349	76.560	277.075
23	2025	133.306	72.173	78.067	283.547
24	2026	136.523	74.045	79.605	290.172
25	2027	139.817	75.965	81.172	296.953
26	2028	143.190	77.934	82.771	303.895
27	2029	146.645	79.955	84.400	311.000
28	2030	150.183	82.028	86.062	318.274

Sumber: Hasil Perhitungan

5.8.1 Kebutuhan Domestik

Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan yang digunakan untuk pemenuhan tempat-tempat hunian pribadi seperti memasak, minum, mencuci dan keperluan rumah tangga lainnya. Kebutuhan domestik dalam hal ini ada dua faktor yang diperhitungkan dalam analisis kebutuhan domestik, diantaranya:

1. Penyediaan Air Minum (Q_{AM})

Jumlah air yang dibutuhkan perkapita per hari ditetapkan berdasarkan parameter jumlah penduduk (Puslitbang Pengairan Kementerian Pekerjaan Umum).

Tabel 5.47. Kriteria Penentuan Air Minum

No	Jumlah Penduduk	Domestik (l/jiwa/hari)
1	>1000.000	150
2	500.000 – 1000.000	135
3	100.000 – 500.000	120
4	20.000 – 100.000	105
5	<20.000	82,5

Sumber: Puslitbang Pengairan Kementerian PU

Jumlah penduduk Kota Batu hingga tahun 2012 mencapai 215.003 jiwa. Jika dilihat kriteria di atas, kebutuhan air per kapita sebesar 120 liter/jiwa/hari, maka kebutuhan air dapat dihitung sebagai berikut:

$$Q_{\text{domestik}} = P_t \cdot U_n$$

Q_{domestik} = jumlah kebutuhan air penduduk (liter/jiwa/detik);

P_t = jumlah penduduk pada tahun yang bersangkutan (jiwa);

U_n = nilai kebutuhan air perkapita per hari (liter/jiwa/hari)

Perhitungan:

$$\begin{aligned} Q_{\text{am 2013}} &= 215.003 \cdot 120 \text{ liter/jiwa/ hari} \\ &= 25.800.344 \text{ liter/ hari} \\ &= 298,615 \text{ liter/detik} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan proyeksi kebutuhan air minum selanjutnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 5.48. Kebutuhan Air Minum

No	Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Konsumsi Air (l/jiwa/hr)	Jumlah Pemakaian (l/hr)	Jumlah Kebutuhan Air (l/dt)
1	2013	215.003	120	25.800.344	298,615
2	2015	225.139	120	27.016.673	312,693
3	2020	252.644	120	30.317.229	350,894
4	2025	283.547	120	34.025.647	393,815
5	2030	318.274	120	38.192.849	442,047

Sumber: Hasil Perhitungan

2. Kran Umum (Q_{KU})

Kebutuhan air untuk kran umum (KU) ditetapkan sebesar 30 liter/ jiwa/hari (Departemen Kimpraswil), sehingga kebutuhan air kran umum setiap tahunnya adalah:

$$\begin{aligned}
 Q_{KU} \text{ 2013} &= 215.003 * 30 \text{ liter/hari} \\
 &= 6.450.086 \text{ liter/ hari} \\
 &= 74,65 \text{ liter/detik}
 \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya proyeksi kebutuhan kran umum dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 5.49. Kebutuhan Air Kran Umum (KU)

No	Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Konsumsi Air (l/jiwa/hr)	Jumlah Pemakaian (l/hr)	Jumlah Kebutuhan Air (l/dt)
1	2013	215.003	30	6.450.086	74,65
2	2015	225.139	30	6.754.168	78,17
3	2020	252.644	30	7.579.307	87,72
4	2025	283.547	30	8.506.412	98,45
5	2030	318.274	30	9.548.212	110,51

Sumber: Hasil Perhitungan

5.8.2 Kebutuhan Non Domestik

Kebutuhan non domestik adalah kebutuhan air bersih di luar keperluan rumah tangga, diantaranya:

1. Kebutuhan Air Untuk Pendidikan (Q_{PD})

Menurut Direktorat Teknik Penyehatan, Dirjen Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum kebutuhan air bersih untuk siswa sekolah sebesar 25 liter/ siswa/ hari dengan kapasitas maksimal 100 orang.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Batu dalam bukunya Batu Dalam Angka disebutkan perkembangan jumlah unit sekolah yang terdiri dari TK, SD/ MI, SLTP/ MTs, SLTA/ MAN maupun SMK baik negeri maupun swasta masing-masing kecamatan adalah sebagai berikut:

Tahun	Kecamatan (Unit)		
	Batu	Junrejo	Bumiaji
2007	107	43	57
2008	109	46	58
2009	112	46	58
2010	115	47	60
2011	114	45	61
2012	119	48	62

Sumber: Batu Dalam Angka

Proyeksi pertumbuhan fasilitas umum disesuaikan dengan pertambahan jumlah penduduk dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{\text{Penduduk Tahun ke } n}{\text{Penduduk Tahun Awal}} = \frac{\text{Fasilitas Tahun ke } n}{\text{Fasilitas Tahun Awal}}$$

Perhitungan:

Diambil data Kecamatan Batu:

Penduduk tahun awal (2012) = 97.780 jiwa

Penduduk tahun 2013 = 100.139 jiwa

Fasilitas tahun awal (2012) = 119 unit

Proyeksi jumlah unit sekolah pada tahun 2013 adalah:

$$\frac{100139}{97780} = \frac{\text{Fasilitas Tahun 2013}}{119}$$

Jumlah unit sekolah pada tahun 2013 sebanyak 122 unit. Untuk selanjutnya hasil proyeksi dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tahun	Kecamatan (Unit)		
	Batu	Junrejo	Bumiaji
2007	107	43	57
2008	109	46	58
2009	112	46	58
2010	115	47	60
2011	114	45	61
2012	119	48	62
2013	122	49	63
2015	128	52	66
2020	144	59	72
2025	162	67	80
2030	183	76	88

Sumber: Hasil Perhitungan

Setelah diperoleh proyeksi jumlah unit sekolah masing-masing kecamatan, maka dapat dihitung kebutuhan air setiap tahunnya sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 Q_{PD} \text{ 2013} &= (122+49+63) * 100 * 25 \text{ liter/org/ hari} \\
 &= 585.842 \text{ liter/ hari} \\
 &= 6,78 \text{ liter/detik}
 \end{aligned}$$

Perhitungan proyeksi jumlah kebutuhan air selanjutnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 5.50. Kebutuhan Air Untuk Pendidikan

No	Tahun	Jumlah (unit)	Kebutuhan Air (L/org/hr)	Kapasitas Maksimal (org)	Jumlah Pemakaian (L/hr)	Jumlah Kebutuhan Air (L/dt)
1	2013	234	25	100	585.842	6,78
2	2015	245	25	100	613.474	7,10
3	2020	275	25	100	688.454	7,97
4	2025	309	25	100	772.695	8,94
5	2030	347	25	100	867.352	10,04

Sumber: Hasil Perhitungan

3. Kebutuhan Air Untuk Peribadatan (Q_{PB})

Berdasarkan data Batu Dalam Angka tahun 2013, diketahui jumlah tempat peribadatan yang terdiri dari masjid, langgar, gereja, vihara dan pura masing-masing kecamatan sebagaimana seperti tampak pada tabel berikut ini:

Jumlah Tempat Peribadatan Kota Batu Tahun 2012

Jenis	Kecamatan (Unit)		
	Batu	Junrejo	Bumiaji
Masjid	52	37	57
Langgar	216	84	166
Gereja	18	7	6
Vihara	4	2	0
Pura	0	0	2
Jumlah	290	130	231

Sumber: Batu Dalam Angka, 2013

Seperti pada perhitungan kebutuhan air untuk pendidikan, proyeksi fasilitas umum (tempat peribadatan) dapat dicari seperti persamaan 5-1 dengan data-data sebagai berikut:

Diambil data Kecamatan Batu:

Penduduk tahun awal (2012) = 97.780 jiwa

Penduduk tahun 2013 = 100.139 jiwa

Fasilitas tahun awal (2012) = 290 unit

Proyeksi jumlah unit sekolah pada tahun 2013 adalah:

$$\frac{100139}{97780} = \frac{\text{Fasilitas Tahun 2013}}{290}$$

Jumlah unit peribadatan pada tahun 2013 sebanyak 297 unit.

Untuk hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tahun	Kecamatan (Unit)		
	Batu	Junrejo	Bumiaji
2012	290	130	231
2013	297	133	237
2015	312	140	248
2020	351	157	280
2025	395	177	315
2030	445	200	355

Menurut Direktorat Teknik Penyehatan, Dirjen Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum kebutuhan air bersih untuk tempat peribadatan 3000

liter/unit/hari. Dengan mengacu pada data proyeksi pada tabel diatas, maka total kebutuhan air bersih untuk faslitas peribadatan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_{PB} 2013 &= (290+130+231) * 3000 \text{ liter/unit/ hari} \\ &= 2.000.121 \text{ liter/ hari} \\ &= 23,15 \text{ liter/detik.} \end{aligned}$$

Hasil analisis kebutuhan air untuk peribadatan Kota Batu ditampilkan pada Tabel 5.51 di bawah ini

Tabel 5.51. Kebutuhan Air Untuk Peribadatan

No	Tahun	Jumlah (unit)	Konsumsi Air (Lt/unit/hr)	Jumlah Pemakaian (Lt/hr)	Jumlah Kebutuhan Air (Lt/dt)
1	2013	667	3000	2.000.121	23,150
2	2015	699	3000	2.097.800	24,280
3	2020	788	3000	2.363.381	27,354
4	2025	888	3000	2.662.585	30,817
5	2030	1000	3000	2.999.668	34,718

Sumber: Hasil Perhitungan

4. Kebutuhan Air Untuk Penginapan (Q_{PN})

Perkembangan hunian hotel di Kota Batu tiap tahunnya selalu mengalami kenaikan, hal ini bisa dilihat dari jumlah pengunjung pert tahunnya dari data yang diambil dari Batu Dalam Angka berikut ini:

No	Tahun	Jumlah Pemakai (bed)
1	2007	5.398
2	2008	5.358
3	2009	5.758
4	2010	6.011
5	2011	8.761

Sumber: Batu Dalam Angka

Untuk menentukan jumlah pengunjung hotel pada tahun tertentu, maka dilakukan proyeksi dengan menghitung pertumbuhan rata-rata (r) pengunjung setiap tahunnya. Dengan menggunakan metode geometrik, maka diperoleh nilai r sebesar:

No	Tahun	Jumlah pemakai (P) (bed)	X	X ²	Y = ln P	Y ²	XY	r
1	2007	5.398	1	1	8,594	73,853	8,594	0,815
2	2008	5.358	2	4	8,586	73,725	17,173	
3	2009	5.758	3	9	8,658	74,967	25,975	
4	2010	6.011	4	16	8,701	75,713	34,805	
5	2011	8.761	5	25	9,078	82,411	45,390	
6	2012	9.744	6	36	9,184	84,353	55,106	
			21	91	53	465	187	0,815

Maka nilai rata-rata jumlah pengunjung hotel setiap tahunnya diperoleh nilai sebagai berikut:

$$r = \left(\frac{p_o}{p_t} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

p_o = populasi saat ini

p_t = populasi tahun dasar (tahun awal data yang diambil)

n = jumlah data yang diambil

$$r = \left\{ \left(\frac{9744}{5398} \right) \right\}^{\frac{1}{6}} - 1$$

$$r = 0,10 \approx 10 \%$$

dari perhitungan diatas diperoleh nilai rata-rata pengunjung hotel setiap tahunnya mencapai 10%, hal ini menunjukkan jumlah pengunjung setiap tahunnya mengalami peningkatan yang signifikan. Oleh sebab itu proyeksi pertumbuhan hunian penginapan per tahunnya sebagai berikut:

Proyeksi tahun 2013

$$P_n = P_o (1 + r)^{dt}$$

P_n = Populasi pada tahun ke-n (proyeksi penduduk)

P_o = populasi saat ini

r = rata-rata pertambahan penduduk pertahun, sehingga:

$$P_n = 9.744 * (1 + 0,10)^1$$

$P_n = 10.752$ jiwa

Berikut ini merupakan jumlah pengunjung yang ditinjau dari segi pemakai tempat tidur (bed) per tahun:

No	Tahun	Jumlah Pemakai (bed)
1	2007	5.398
2	2008	5.358
3	2009	5.758
4	2010	6.011
5	2011	8.761
6	2012	9.744
7	2013	10.752
8	2014	11.864
9	2015	13.092
10	2020	21.416
11	2025	35.035
12	2030	57.313

Menurut Direktorat Teknik Penyehatan, Dirjen Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum kebutuhan air bersih untuk penginapan 200 liter/bed/hari. Berikut merupakan perhitungan kebutuhan air untuk penginapan pada tahun 2013:

$$\begin{aligned}
 Q_{PN\ 2013} &= 10.752 * 200 \text{ liter/bed/ hari} \\
 &= 2.150.394 \text{ liter/ hari} \\
 &= 24,89 \text{ liter/detik}
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan hasil selengkapnya kebutuhan air penginapan setiap tahunnya:

Tabel 5.52. Kebutuhan Air Untuk Penginapan

No	Tahun	Jumlah Pemakai (bed)	Konsumsi Air (l/bed/hr)	Jumlah Pemakaian (l/hr)	Jumlah Kebutuhan Air (l/dt)
1	2013	10.752	200	2.150.394	24,89
2	2015	13.092	200	2.618.300	30,30
3	2020	21.416	200	4.283.247	49,57
4	2025	35.035	200	7.006.914	81,10

No	Tahun	Jumlah Pemakai (bed)	Konsumsi Air (l/bed/hr)	Jumlah Pemakaian (l/hr)	Jumlah Kebutuhan Air (l/dt)
5	2030	57.313	200	11.462.529	132,67

Sumber: Hasil Perhitungan

5. Kebutuhan Konsumsi Air Fasilitas Kesehatan (Q_{FK})

Jumlah fasilitas kesehatan seperti rumah sakit, puskesmas, rumah bersalin dan sebagainya di Kota Batu hingga tahun tahun 2012 sebanyak 16 unit. Dengan menggunakan persamaan (5-1), maka proyeksi jumlah fasilitas kesehatan setiap tahunnya jika dibandingkan pertumbuhan penduduk setiap tahunnya adalah:

Perhitungan:

Penduduk tahun awal (2012) = 210.109 jiwa

Penduduk tahun 2013 = 215.003 jiwa

Fasilitas tahun awal (2012) = 16 unit

Proyeksi jumlah fasilitas kesehatan Kota Batu pada tahun 2013 adalah:

$$\frac{215003}{210109} = \frac{\text{Fasilitas Tahun 2013}}{16}$$

Jadi jumlah unit kesehatan pada tahun 2013 sebanyak 16 unit. Menurut kebijakan operasional Kimpraswil 2011 kebutuhan air bersih untuk fasilitas kesehatan sebesar 5000 liter/unit/hari. Untuk selanjutnya proyeksi dan jumlah kebutuhan air fasilitas kesehatan diterangkan pada perhitungan dan tabel tabel dibawah ini:

$$\begin{aligned} Q_{FK} 2013 &= 16 * 5000 \text{ liter/unit/ hari} \\ &= 81.863 \text{ liter/ hari} \\ &= 0,95 \text{ liter/detik} \end{aligned}$$

Tabel 5.53. Kebutuhan Air Fasilitas Kesehatan

No	Tahun	Jumlah Unit	Konsumsi Air (l/unit/hr)	Jumlah Pemakaian (l/hr)	Jumlah Kebutuhan Air (l/dt)
1	2013	16	5.000	81.863	0,95
2	2015	17	5.000	85.723	0,99
3	2020	19	5.000	96.195	1,11

No	Tahun	Jumlah Unit	Konsumsi Air (l/unit/hr)	Jumlah Pemakaian (l/hr)	Jumlah Kebutuhan Air (l/dt)
4	2025	22	5.000	107.962	1,25
5	2030	24	5.000	121.184	1,40

Sumber: Hasil Perhitungan

6. Kebutuhan Konsumsi Air Perkantoran (Q_{AP})

Kebutuhan konsumsi air untuk perkantoran didasarkan pada jumlah pegawai baik di instansi pemerintah maupun swasta. Berdasarkan data Batu Dalam Angka (Badan Pusat Statistik) jumlah pegawai negeri maupun swasta pada tahun 2012 berjumlah 11.344 orang. Untuk lebih lengkapnya rata-rata jumlah pegawai kantor dari beberapa tahun adalah sebagai berikut:

No	Tahun	Jumlah pegawai (Jiwa)	X	X ²	Y = ln P	Y ²	XY	r
1	2007	7.921	1	1	8,977	80,591	8,977	0,807
2	2008	7.901	2	4	8,975	80,546	17,949	
3	2009	9.234	3	9	9,131	83,369	27,392	
4	2010	10.215	4	16	9,232	85,223	36,926	
5	2011	11.474	5	25	9,348	87,382	46,739	
6	2012	11.344	6	36	9,336	87,169	56,019	
			21	91	55	504	194	0,807

Maka nilai rata-rata jumlah pegawai kantor setiap tahunnya diperoleh nilai sebagai berikut:

$$r = \left\{ \left(\frac{11344}{7921} \right) \right\}^{\frac{1}{6}} - 1$$

$$r = 0,06 \approx 6 \%$$

berdasarkan prosentase perkembangan jumlah pegawai kantor setiap tahunnya sebesar 6 %, maka dapat dihitung jumlah kebutuhan air tiap tahunnya dengan persamaan:

Proyeksi tahun 2013

$$P_n = P_0 (1 + r)^{dt}$$

P_n = Populasi pada tahun ke-n (proyeksi penduduk)

Po = populasi saat ini

r = rata-rata pertambahan penduduk pertahun, sehingga:

$$P_n = 11.344 \cdot (1 + 0,06)^t$$

$$P_n = 12.044 \text{ jiwa}$$

Dengan ketentuan kebutuhan air untuk perkantoran 10 liter/orang/hari (Dirjen Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum), maka diperoleh total kebutuhan air untuk perkantoran seperti tabel dibawah ini:

Tabel 5.54. Kebutuhan Air Perkantoran

No	Tahun	Jumlah Pegawai (orang)	Konsumsi Air (l/org/hr)	Jumlah Pemakaian (l/hr)	Jumlah Kebutuhan Air (l/dt)
1	2013	12.044	10	120.438	1,394
2	2015	13.576	10	135.756	1,571
3	2020	18.313	10	183.125	2,120
4	2025	24.702	10	247.022	2,859
5	2030	33.322	10	333.215	3,857

Sumber: Hasil Perhitungan

7. Kebutuhan Air Industri (Q_{AI})

Kebutuhan konsumsi untuk industri diasumsikan sesuai standar kebutuhan air industri sebesar 10% dari konsumsi air domestik (Direktorat Teknik Penyehatan, Dirjen Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum). Berikut ini merupakan total kebutuhan industri setiap tahunnya:

Tabel 5.55. Kebutuhan Air Industri

No	Tahun	Jumlah Keb. Air Domestik (l/hr)	Konsumsi Air	Kebutuhan Air Industri (Lt/hari)	
				(l/hr)	(l/dt)
1	2013	32.250.430	10%	3.225.043	37,327
2	2015	33.770.841	10%	3.377.084	39,087
3	2020	37.896.536	10%	3.789.654	43,862
4	2025	42.532.058	10%	4.253.206	49,227
5	2030	47.741.061	10%	4.774.106	55,256

Sumber: Hasil Perhitungan

8. Kebutuhan Air Peternakan (Q_{PT})

Hewan ternak yang ada dikategorikan menjadi 3 jenis dengan konsumsi air yang berbeda-beda (Dirjen Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum), diantaranya yaitu:

- Sapi, kerbau dan kuda membutuhkan konsumsi air per harinya sebesar 40 liter/ekor/hari
- Kambing dan domba membutuhkan konsumsi air per harinya sebesar 5 liter/ekor/hari
- Unggas membutuhkan konsumsi air per harinya sebesar 0,6 liter/ekor/hari

8.1 Kebutuhan Konsumsi Air Untuk Sapi, Kerbau Dan Kuda

Perkembangan jumlah ternak setiap tahunnya dapat dihitung dengan proyeksi. Berikut ini merupakan analisis proyeksi berdasarkan data yang diperoleh dari Batu Dalam Angka:

No	Tahun	Jumlah Ternak (P) (Ekor)	X	X ²	Y = ln P	Y ²	XY	r
1	2008	12.430	1	1	9,428	88,885	9,428	0,842
2	2009	9.942	2	4	9,205	84,723	18,409	
3	2010	9.187	3	9	9,126	83,276	27,377	
4	2011	13.801	4	16	9,532	90,868	38,130	
5	2012	16.181	5	25	9,692	93,927	48,458	
		61.541	15	55	47	442	142	0,842

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel diatas diperoleh rata-rata perkembangan ternak setiap tahunnya sebagai berikut:

$$r = \left\{ \left(\frac{16181}{12430} \right) \right\}^{\frac{1}{5}} - 1$$

$$r = 0,05 \approx 5 \%$$

Proyeksi tahun 2013

$$P_n = P_0 (1 + r)^{dt}$$

$$P_n = 16.181 * (1 + 0,05)^1$$

$$P_n = 17.057 \text{ ekor}$$

Dengan konsumsi air sebesar 40 liter/ekor/hari, maka kebutuhan air setiap tahunnya adalah:

$$\begin{aligned} Q_{\text{sapi}} 2013 &= 17.057 * 30 \text{ liter/hari} \\ &= 682.295 \text{ liter/ hari} \\ &= 7,90 \text{ liter/detik} \end{aligned}$$

Pada tabel berikut ini menjelaskan proyeksi kebutuhan total air untuk ternak (sapi, kerbau, dan kuda)

No	Tahun	Jumlah (ekor)	Konsumsi Air (l/ekor/hr)	Jumlah Pemakaian (l/hr)	Jumlah Kebutuhan Air (l/dt)
1	2013	17.057	40	682.295	7,897
2	2015	18.955	40	758.204	8,776
3	2020	24.675	40	987.007	11,424
4	2025	32.121	40	1.284.856	14,871
5	2030	41.815	40	1.672.586	19,359

Sumber: Hasil Perhitungan

8.2 Kebutuhan Konsumsi Air Untuk Kambing Dan Domba

Dengan ketentuan kebutuhan ternak sebesar 5 liter/ekor/hari, maka proyeksi kebutuhan air yang dibutuhkan per tahunnya adalah sebagai berikut:

No	Tahun	Jumlah (ekor)	Konsumsi Air (l/ekor/hr)	Jumlah Pemakaian (l/hr)	Jumlah Kebutuhan Air (l/dt)
1	2013	10.759	5	53.797	0,62
2	2015	10.390	5	51.951	0,60
3	2020	9.521	5	47.607	0,55
4	2025	8.725	5	43.627	0,50
5	2030	7.996	5	39.979	0,46

Sumber: Hasil Perhitungan

8.3 Kebutuhan Konsumsi Air Untuk Unggas

Konsumsi rata-rata air untuk unggas per harinya sebesar 0,6 liter/ekor/hari. Dengan demikian kebutuhan air per tahunnya dapat dihitung seperti tabel berikut:

No	Tahun	Jumlah (ekor)	Konsumsi (l/ekor/hr)	Jumlah Pemakaian (l/hr)	Jumlah Kebutuhan Air (l/dt)
1	2013	344.409	0,6	206.645	2,39
2	2015	320.797	0,6	192.478	2,23
3	2020	268.608	0,6	161.165	1,87
4	2025	224.910	0,6	134.946	1,56
5	2030	188.321	0,6	112.992	1,31

Sumber: Hasil Perhitungan

Dengan demikian kebutuhan total air untuk sektor peternakan Kota Batu setiap tahunnya adalah:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{tot 2013}} &= (682.295 + 53.797 + 206.645) \text{ liter/hari} \\
 &= 10,91 \text{ liter/detik}
 \end{aligned}$$

Hasil selengkapnya ditampilkan pada Tabel 5.56 berikut ini

Tabel 5.56. Kebutuhan Air Peternakan

No	Tahun	Jumlah Kebutuhan Air (Lt/hr)	Jumlah Kebutuhan Air (Lt/dt)
1	2013	942.738	10,91
2	2015	1.002.633	11,60
3	2020	1.195.779	13,84
4	2025	1.463.428	16,94
5	2030	1.825.558	21,13

Sumber: Hasil Perhitungan

Pada tahap ini dilakukan perhitungan antara kebutuhan total air domestik dan non domestik dari hasil proyeksi masing-masing tahun yang ditambahkan dengan faktor kebocoran sebesar 30 %. Berikut ini merupakan hasil perhitungan :

a. Kebutuhan Total Air Domestik

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Dom 2013}} &= Q_{\text{AM}} + Q_{\text{KU}} + \text{kebocoran} \\
 &= 298,62 + 74,65 + 30 \% \\
 &= 485,25 \text{ liter/detik}
 \end{aligned}$$

Total kebutuhan air domestik adalah sebagai berikut

Tabel 5.57. Kebutuhan Air Domestik (Q_{DOM})

No	Tahun	Air Minum (l/dt)	Kran Umum (l/dt)	Jumlah (Lt/dt)	Kebocoran (%)	Total Kebutuhan Air (l/dt)
1	2013	298,62	74,65	373,27	30	485,25
2	2015	312,69	78,17	390,87	30	508,13
3	2020	350,89	87,72	438,62	30	570,20
4	2025	393,82	98,45	492,27	30	639,95
5	2030	442,05	110,51	552,56	30	718,33

Sumber: Hasil Perhitungan

b. Kebutuhan Total Air Non Domestik

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Non Dom 2013}} &= Q_{PD} + Q_{PB} + Q_{PN} + Q_{FK} + Q_{AP} + Q_{AI} + Q_{PT} + \text{kebocoran} \\
 &= 6,78 + 23,15 + 24,89 + 0,95 + 1,39 + 37,33 + 10,91 + 30 \% \\
 &= 137,02 \text{ liter/detik}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.58. Kebutuhan Air Non Domestik ($Q_{\text{Non DOM}}$)

No	Tahun	Pendidikan (l/dt)	Peribadatan (l/dt)	Peternakan (l/dt)	Penginapan (l/dt)
1	2013	6,78	23,15	10,91	24,89
2	2015	7,10	24,28	11,60	30,30
3	2020	7,97	27,35	13,84	49,57
4	2025	8,94	30,82	16,94	81,10
5	2030	10,04	34,72	21,13	132,67

Lanjutan

No	Tahun	Rumah Sakit (l/dt)	Perkantoran (l/dt)	Industri (lt/dt)	Jumlah (l/dt)	Kebocoran (%)	Total Kebutuhan Air (l/dt)
1	2013	0,95	1,39	37,33	105,40	30	137,02
2	2015	0,99	1,57	39,09	114,94	30	149,42
3	2020	1,11	2,12	43,86	145,83	30	189,58
4	2025	1,25	2,86	49,23	191,13	30	248,47
5	2030	1,40	3,86	55,26	259,07	30	336,79

Sumber: Hasil Perhitungan

5.9 Neraca Air

Analisa neraca air didasarkan pada jumlah debit air yang masuk (inflow) dengan jumlah kebutuhan air yang diperlukan (outflow). Selisih antara debit inflow dengan outflow menggambarkan kondisi ketersediaan air pada Kota Batu. Jika selisih antara keduanya bernilai positif, maka kondisi ketersediaan air surplus, dan sebaliknya jika selisih antara keduanya bernilai negatif menunjukkan bahwa ketersediaan air mengalami defisit.

Perhitungan kebutuhan air didasarkan pada jumlah 3 periode dalam 1 bulan, dimana masing-masing periode rata-rata berjumlah 10 hari tergantung jumlah hari dalam 1 bulan.

Perhitungan :

1. Menentukan ketersediaan air (Q_{inflow}) rata-rata setiap bulanya, misal pada bulan Januari periode I tahun 2013

Ketersediaan air = $15,34 \text{ m}^3/\text{dt}$ (Tabel 5.39)

Jumlah hari = 10 hari

$$\begin{aligned} Q_{\text{in}} &= 15,34 \text{ m}^3/\text{dt} \times 10 \text{ hari} \times 86400 \text{ dt} \\ &= 13.250.239,86 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2. Menghitung kebutuhan air irigasi periode I tahun 2013

Kebutuhan air irigasi di intake = $0,62 \text{ m}^3/\text{dt}$ (Tabel 5.39), sehingga:

$$\begin{aligned} Q_{\text{irigasi}} &= 10 \text{ hari} \times 0,62 \text{ m}^3/\text{dt} \times 24 \times 3600 \text{ dt} \\ &= 538.920,81 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

3. Menghitung kebutuhan air domestik periode I tahun 2013

$Q_{\text{DOM}} = 485,25 \text{ l/dt}$ (Tabel 5.57)

= $0,49 \text{ m}^3/\text{dt}$, sehingga

$$\begin{aligned} Q_{\text{DOM}} &= 10 \times 0,49 \text{ m}^3/\text{dt} \times 24 \times 3600 \text{ dt} \\ &= 419.255,59 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

4. Menghitung kebutuhan air non domestik periode I tahun 2013

$Q_{\text{NonDOM}} = 137,02 \text{ l/dt}$ (Tabel 5.58)

= $0,14 \text{ m}^3/\text{dt}$, sehingga:

$$Q_{\text{NonDOM}} = 10 * 0,14 \text{ m}^3/\text{dt} * 24 * 3600 \text{ dt}$$

$$= 118.383,70 \text{ m}^3$$

5. Menentukan kebutuhan air (Qoutflow)
periode I tahun 2013

$$Q_{\text{out}} = Q_{\text{irigasi}} + Q_{\text{DOM}} + Q_{\text{NonDOM}}$$

$$= 538.920,81 \text{ m}^3 + 419.255,59 \text{ m}^3 + 118.383,70 \text{ m}^3$$

$$= 1.076.560,09 \text{ m}^3$$

6. Menentukan neraca air masing-masing periode setiap bulannya
periode I tahun 2013

$$I = O \pm \Delta S$$

$$\Delta S = \text{Inflow} - \text{Outflow}$$

$$= 13.250.239,86 \text{ m}^3 - 1.076.560,09 \text{ m}^3$$

$$= 12.173.679,77 \text{ (surplus)}$$

untuk perhitungan neraca air pada tahun 2013 selengkapnya berdasar periode dapat dilihat pada Tabel 5.59.

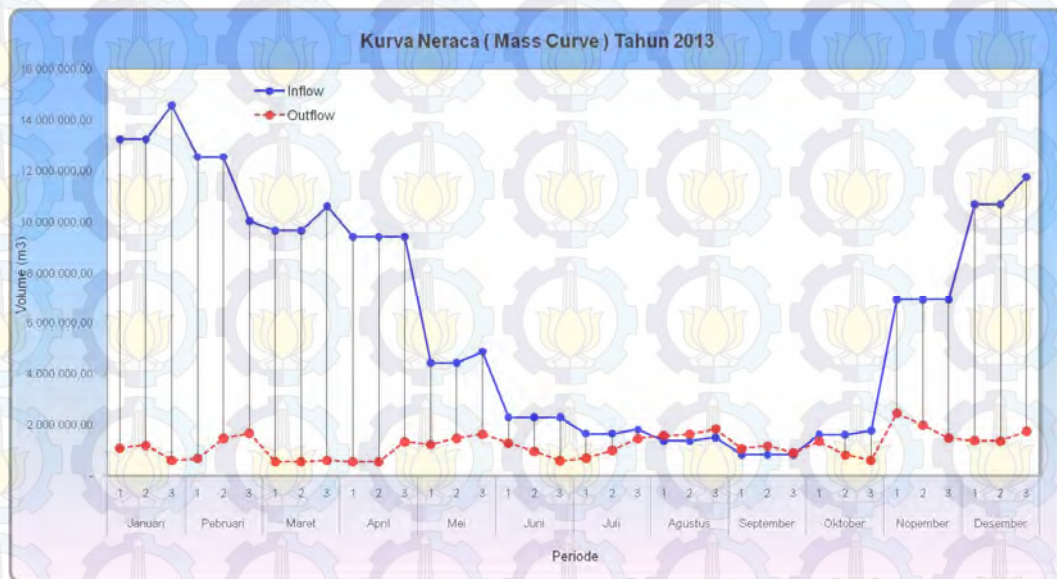
Tabel 5.59. Neraca Air Tahun 2013

Bulan	periode	hari	Inflow	Outflow	ΔS	
			m^3	m^3	m^3	Kondisi
Januari	1	10	13.250.239,86	1.076.560,09	12.173.679,77	Surplus
	2	10	13.250.239,86	1.185.718,25	12.064.521,61	Surplus
	3	11	14.575.263,85	591.403,21	13.983.860,63	Surplus
Pebruari	1	10	12.550.661,89	660.142,85	11.890.519,04	Surplus
	2	10	12.550.661,89	1.469.971,30	11.080.690,59	Surplus
	3	8	10.040.529,51	1.660.720,47	8.379.809,04	Surplus
Maret	1	10	9.653.128,15	537.639,28	9.115.488,87	Surplus
	2	10	9.653.128,15	537.639,28	9.115.488,87	Surplus
	3	11	10.618.440,97	591.403,21	10.027.037,75	Surplus
April	1	10	9.416.183,22	537.639,28	8.878.543,94	Surplus
	2	10	9.416.183,22	537.639,28	8.878.543,94	Surplus
	3	10	9.416.183,22	1.318.999,62	8.097.183,60	Surplus

Bulan	periode	hari	Inflow	Outflow	ΔS	
			m ³	m ³	m ³	Kondisi
Mei	1	10	4.428.210,00	1.215.779,46	3.212.430,55	Surplus
	2	10	4.428.210,00	1.472.043,99	2.956.166,02	Surplus
	3	11	4.871.031,01	1.617.922,77	3.253.108,24	Surplus
Juni	1	10	2.288.353,01	1.266.124,57	1.022.228,44	Surplus
	2	10	2.288.353,01	945.416,52	1.342.936,49	Surplus
	3	10	2.288.353,01	574.846,98	1.713.506,03	Surplus
Juli	1	10	1.641.081,07	683.830,66	957.250,41	Surplus
	2	10	1.641.081,07	983.530,31	657.550,76	Surplus
	3	11	1.805.189,18	1.453.951,86	351.237,32	Surplus
Agustus	1	10	1.353.430,30	1.562.088,59	-208.658,29	Defisit
	2	10	1.353.430,30	1.618.468,21	-265.037,92	Defisit
	3	11	1.488.773,32	1.824.613,31	-335.839,99	Defisit
September	1	10	813.363,74	1.056.020,75	-242.657,01	Defisit
	2	10	813.363,74	1.159.224,17	-345.860,43	Defisit
	3	10	813.363,74	883.750,40	-70.386,66	Defisit
Oktober	1	10	1.608.868,14	1.340.463,95	268.404,19	Surplus
	2	10	1.608.868,14	799.821,67	809.046,47	Surplus
	3	11	1.769.754,95	591.403,21	1.178.351,74	Surplus
Nopember	1	10	6.915.416,92	2.451.216,39	4.464.200,54	Surplus
	2	10	6.915.416,92	1.975.756,85	4.939.660,08	Surplus
	3	10	6.915.416,92	1.473.691,92	5.441.725,00	Surplus
Desember	1	10	10.695.795,81	1.370.619,17	9.325.176,63	Surplus
	2	10	10.695.795,81	1.352.882,95	9.342.912,86	Surplus
	3	11	11.765.375,39	1.735.203,24	10.030.172,14	Surplus

Sumber : Hasil Perhitungan

Jika digambarkan dalam grafik, maka diketahui fluktuasi antara jumlah air yang tersedia dengan jumlah kebutuhan air selama setahun. Berikut ini ditampilkan grafik kurva neraca pada tahun 2013:



Gambar 5.2. Grafik Neraca Air

Perhitungan neraca air selanjutnya pada tahun 2015, 2020, 2025 dan 2030 dapat dilihat pada lampiran 4A - 4E pada lembar lampiran.

Berdasarkan Tabel 5.59 dapat diketahui bahwa jumlah ketersediaan (debit) air pada tahun 2013 sebesar 75,199 juta m³/ tahun sedangkan jumlah kebutuhan air sebesar 14,038 juta m³/ tahun. Secara umum kondisi ketersediaan air masih cukup, namun terjadi defisit air pada musim kemarau (Agustus-September) sebesar 489.480,10 m³/ tahun disebabkan karena tingkat kebutuhan air yang meningkat.

Rekapitulasi defisit air selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.60 berikut ini:

Tabel 5.60 Defisit Musim Kemarau (per Tahun)

Tahun	Debit Air (Q) (m ³ /tahun)		ΔS	
	Q _{in}	Q _{out}	(m ³)	Kondisi
2013	2.211.908,38	2.701.388,48	- 489.480,100	Defisit
2015	2.211.908,38	2.763.367,85	- 551.459,468	Defisit
2020	2.211.908,38	2.942.976,01	- 731.067,631	Defisit
2025	2.211.908,38	3.168.967,79	- 957.059,408	Defisit
2030	5.625.965,70	7.041.594,41	- 1.415.628,705	Defisit

Sumber : Hasil Perhitungan

Karena semakin meningkatnya kebutuhan air sehingga potensi air setiap tahunnya diproyeksikan akan mengalami penurunan. Berikut ini merupakan hasil rekapitulasi potensi ketersediaan (debit) air dan proyeksi ketersediaan air per tahunnya.

$$\begin{aligned}\text{Proyeksi Debit Air} &= \text{Potensi Debit Air (Q)} - Q_{\text{out}} \\ &= 75.199.046,43 - 2.701.388,48 \\ &= 72.497.657,95 \text{ m}^3/\text{tahun}\end{aligned}$$

Proyeksi debit air setiap periodenya dapat dilihat pada Tabel 5.61:

Tabel 5.61 Potensi Dan Proyeksi Debit Air

No	Tahun	Potensi Debit Air (m ³ / tahun)	Proyeksi Debit Air (m ³ / tahun)
1	2013	75.199.046,43	72.497.657,95
2	2015	75.199.046,43	72.435.678,58
3	2020	75.199.046,43	72.256.070,42
4	2025	75.199.046,43	72.030.078,4
5	2030	75.199.046,43	68.157.452,03

Sumber : Hasil Perhitungan

5.10 Analisis Konservasi Sumber Daya Air

5.10.1 Analisis Metode Vegetatif

a. Luas Lahan Vegetasi

Upaya dalam meminimalisasi defisit air yang terjadi pada musim kemarau yaitu salah satunya dengan mengembalikan fungsi tata guna lahan seperti fungsi semula, dimana peranan konservasi vegetasi menjadi alternatifnya. Perubahan tata guna lahan di Kota Batu disebabkan perluasan permukiman penduduk tanpa disertai penataan tata ruang yang membagi wilayah khusus konservasi maupun sebagai permukiman. Dalam penataan tata guna lahan selayaknya disediakan beberapa hektar sebagai lahan konservasi sumber daya air.

Dalam penelitian ini digunakan beberapa vegetasi yang memiliki nilai ekonomi, hidrologis dan konservasi serta sesuai dengan topografi dan iklim

setempat, diantaranya adalah Gaharu (*Aquilaria Malaccensis*), Beringin putih (*Ficus Benjamina* Var *Varigata*), Bambu (*Melocanna Bambusoides*) serta Porang (*Amorphophallus*). Berdasarkan hasil penelitian oleh British Columbia, Ministry of Agriculture food and Fisheries (2002), suatu vegetasi memiliki simpanan lengas tanah (SWS) yang berbeda berdasarkan jenis tanah dan kedalaman efektif akar tanaman. Untuk mencari nilai kelengasan tanah dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$SWS = RD \times AWSC$$

Dengan:

SWS = simpanan lengas tanah (mm),

RD = Kedalaman efektif perakaran tanaman dalam (m),

AWSC = Kedalaman efektif perakaran tanaman (mm/m).

Perhitungan

Misal vegetasi gaharu diketahui memiliki faktor:

- Kedalaman akar efektif (RD) = 1,7 m (Tabel 2.9)
- Kondisi tanah dalam termasuk lempung berpasir (Tabel 2.14)
- Kapasitas simpanan air tersedia (AWSC) = 125 mm/m (Tabel 2.14)

Maka dapat diketahui nilai dari SWS vegetasi tersebut yaitu:

$$\begin{aligned} SWS &= 1,7 \text{ m} \times 125 \text{ mm/m} \\ &= 212,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tabel 5.62 akan menjelaskan besarnya nilai simpanan lengas tanah (SWS) masing-masing vegetasi seperti:

Tabel 5.62. Simpanan Lengas Tanah Variasi Vegetasi (mm/bulan)

No	Tata Guna Lahan	Kedalaman Akar Efektif (RD) (m)	Kapasitas Simpanan Air Tersedia (AWSC) (mm/m)	Simpanan Lengas Tanah (SWS) (mm)
1	Vegetasi Gaharu	1,7	125	212,5
2	Vegetasi Bambu	2	125	250
3	Vegetasi Porang	0,6	125	75
4	Vegetasi Beringin	1,5	125	187,5

No	Tata Guna Lahan	Kedalaman Akar Efektif (RD) (m)	Kapasitas Simpanan Air Tersedia (AWSC) (mm/m)	Simpanan Lengas Tanah (SWS) (mm)
Rata – rata				181,25

Sumber : Hasil Perhitungan

Jika pemanfaatan tata guna lahan di sebagian wilayah Kota Batu menggunakan beberapa vegetasi seperti tabel diatas, maka defisit air pada bulan-bulan kemarau pada setiap tahunnya dapat diminimalisasi. Berikut analisa perhitungan penyediaan luasan lahan yang seharusnya dibutuhkan sebagai lahan konservasi vegetasi, sehingga dapat menyimpan cadangan air tanah.

Perhitungan:

1. Defisit air pada tahun 2013 sebesar 489.480,10 m³
2. Luas sub DAS upper Brantas = 182.963.742,12 m²
3. Total simpanan lengas tanah:
 - Vegetasi gaharu = 212,5 mm
 - Vegetasi bambu = 250 mm
 - Vegetasi porang = 75 mm
 - Vegetasi beringin = 187,5 mm

Total simpanan lengas tanah rata-rata:

$$= \left(\frac{212,5 + 250 + 75 + 187,5}{4} \right)$$

$$= 181,25 \text{ mm}$$

Catatan:

Besarnya nilai simpanan lengas tanah dipengaruhi jumlah periode bulan yang mengalami defisit air.

4. Luas lahan yang disediakan:

$$= \frac{\text{defisit air}}{\text{Total simp lengas tanah} \times \text{lama bulan defisit air}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{489.480,1 \text{ m}^3}{0,181 \text{ m} \times 2} \\
 &= 1.350.289,93 \text{ m}^2 \\
 &= 135,03 \text{ ha}
 \end{aligned}$$

Jadi untuk mengatasi defisit air pada tahun 2013 dibutuhkan lahan konsevasi seluas 135,03 ha untuk vegetasi yang tersebar di seluruh wilayah Kota Batu. Hasil selengkapanya dapat dilihat pada Tabel 5.63

Tabel 5.63. Kebutuhan Lahan Vegetasi

Tahun	Defisit Air	Luas Sub DAS	Total Simpanan Lengan Tanah	Luas Lahan Dibutuhkan	
	(m ³)			(m ²)	(ha)
2013	489.480,10	182.963.742,12	0,363	1.350.289,93	135,03
2015	551.459,47	182.963.742,12	0,363	1.521.267,50	152,13
2020	731.067,63	182.963.742,12	0,363	2.016.738,29	201,67
2025	957.059,41	182.963.742,12	0,363	2.640.163,88	264,02
2030	1.415.628,70	182.963.742,12	0,453	3.124.146,11	312,41

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan analisis Tabel 5.63 kemampuan vegetasi mampu mengurangi defisit air dengan penambahan area vegetasi sehingga tercapai kondisi normal. Berikut ini merupakan hasil konservasi dengan metode vegetatif.

Tabel 5.64. Hasil Konservasi Dengan Metode Vegetatif (Tahun)

Tahun	Debit Air (Q)		ΔS	
	Q _{in}	Q _{out}	(m ³)	Kondisi
2013	2.211.908,38	2.701.388,48	(489.480,100)	Defisit
2015	2.211.908,38	2.763.367,85	(551.459,468)	Defisit
2020	2.211.908,38	2.942.976,01	(731.067,631)	Defisit
2025	2.211.908,38	3.168.967,79	(957.059,408)	Defisit
2030	5.625.965,70	7.041.594,41	(1.415.628,705)	Defisit

Lanjutan

Lahan Dibutuhkan (m ²)	Kemampuan Konservasi (m ³)	Q _{in} (m ³)	Kondisi
1.350.289,93	489.480,100	2.701.388,482	OK
1.521.267,50	551.459,468	2.763.367,851	OK
2.016.738,29	731.067,631	2.942.976,014	OK
2.640.163,88	957.059,408	3.168.967,790	OK

Sumber: Hasil Perhitungan

Dengan melakukan konservasi metode vegetatif, maka luas hutan konservasi yang terkonversi menjadi sawah, kebun (ladang), padang rumput, permukiman maupun jumlah bangunan (gedung) dapat diminimalisir. Sehingga dari hasil analisis dapat diprediksi perubahan tata guna lahan pada tahun 2015 hingga tahun 2030 seperti tabel di bawah ini.

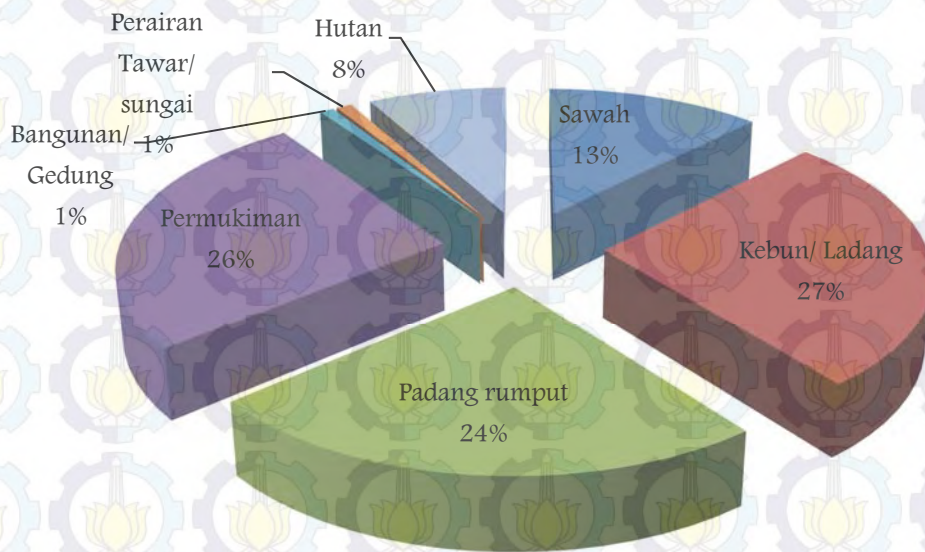
Tabel 5.65. Prediksi Perubahan Tata Guna Lahan

No	Jenis Lahan	Luas (Ha)			
		2015	2020	2025	2030
1	Sawah	2.274,10	2.274,10	2.274,10	2.274,10
2	Kebun/ Ladang	4.951,42	4.951,42	4.951,42	4.951,42
3	Padang rumput	4.451,44	4.249,77	3.985,75	3.673,34
4	Permukiman	4.830,62	4.830,62	4.830,62	4.830,62
5	Bangunan/ Gedung	151,40	151,40	151,40	151,40
6	Perairan Tawar/ sungai	168,83	168,83	168,83	168,83
7	Hutan	1.468,56	1.670,23	1.934,25	2.246,66
	Total	18.296,37	18.296,37	18.296,37	18.296,37

Sumber: Hasil Perhitungan

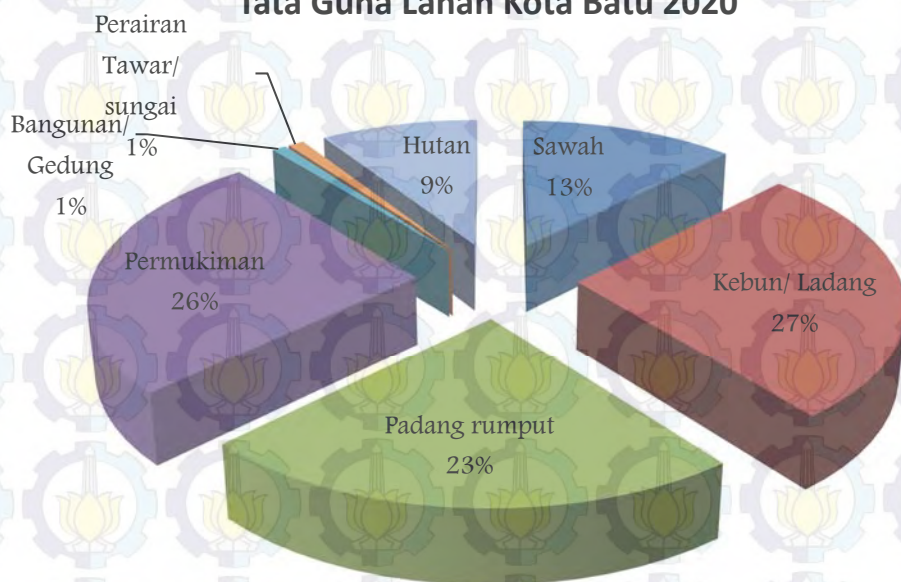
Dari tabel diatas dapat dibuat diagram prediksi perubahan tata guna lahan sub das Brantas hulu sebagai berikut:

Tata Guna Lahan Kota Batu 2015

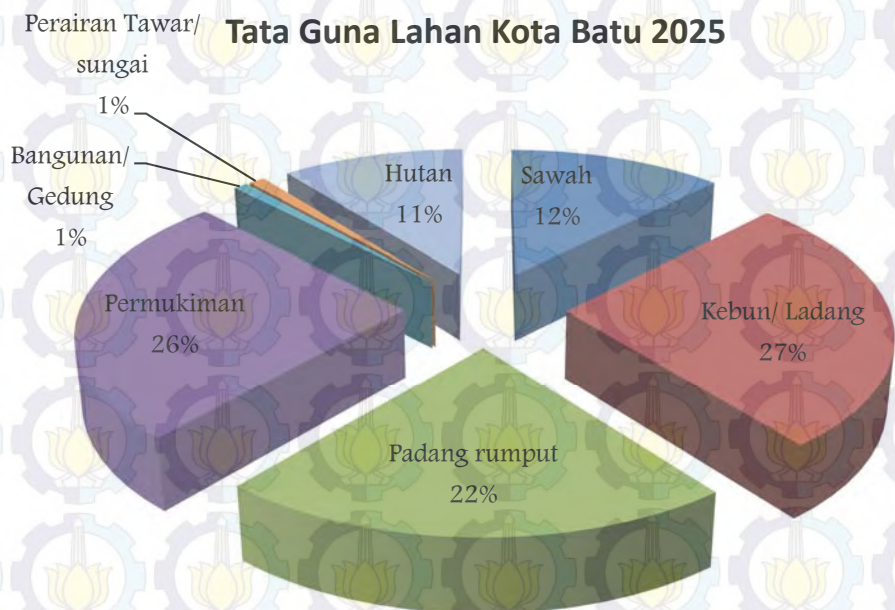


Gambar 5.3. Perubahan Tata Guna Lahan Tahun 2015

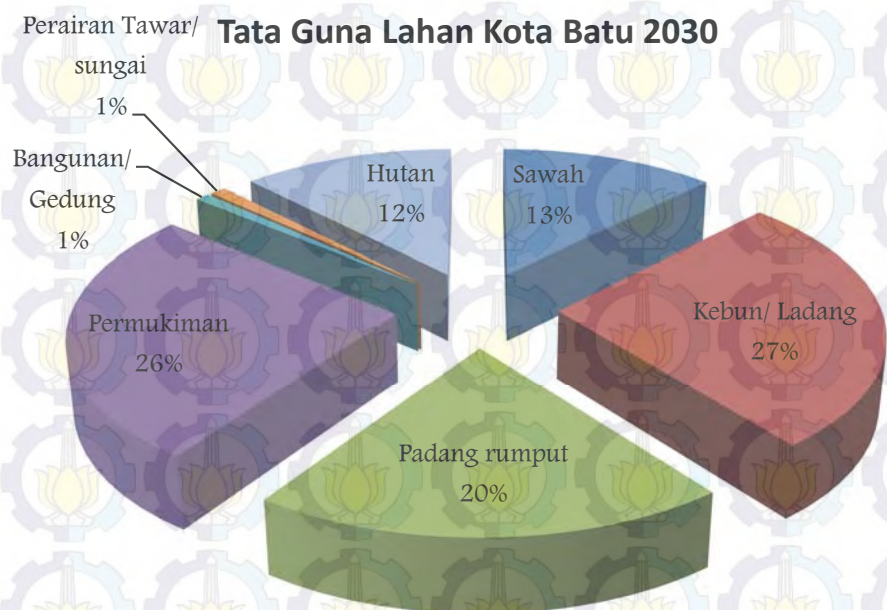
Tata Guna Lahan Kota Batu 2020



Gambar 5.4. Perubahan Tata Guna Lahan Tahun 2020



Gambar 5.5. Perubahan Tata Guna Lahan Tahun 2025



Gambar 5.6. Perubahan Tata Guna Lahan Tahun 2030

b. Potensi Dan Sebaran Vegetasi

Penyebaran vegetasi diprioritaskan pada hutan konservasi yang telah berubah fungsi menjadi padang rumput (semak belukar) seperti yang terlihat pada Tabel

4.9 (Penggunaan lahan Sub DAS Brantas hulu tahun 2013). Masing-masing vegetasi yang dimaksud dalam penelitian ini memiliki potensi, baik itu dalam membantu infiltrasi air hujan maupun meminimalisir lajunya erosi. Oleh karena itu dalam mencapai keuntungan maksimal, maka implementasi dilapangan harus disesuaikan dengan beberapa faktor pendukung diantaranya adalah sebagai berikut:

- Jenis vegetasi
- Jenis tanah
- Kemiringan lereng
- Kemampuan tanaman menyerap air
- Rencana tata ruang wilayah (RTRW)

Tabel 5.66. akan menjelaskan kesesuaian jenis vegetasi terhadap topografi, jenis tanah, kemiringan lereng, kemampuan hidup vegetasi serta sebaranya.

Tabel 5.66. kesesuaian Vegetasi dan Penyebaranya

No	Luas Lahan Dibutuhkan ^a		Species	Kedalaman akar efektif ^a (m)	Jenis tanah ^b
	Tahun	Jumlah (Ha)			
1	2015	152,13	Bambu	2	Andosol, aluvial, kambisol, latosol
2	2020	201,67	Gaharu	1,7	Andosol, aluvial, kambisol, latosol
3	2025	264,02	Beringin	1,5	Andosol, aluvial, kambisol, latosol
4	2030	312,41	Porang	0,6	Andosol, kambisol

Lanjutan

Kapasitas simpanan air tersedia (mm/m) ^a	Simpanan lengas tanah ^d (mm)	Volume air tersedia ^d (m ³ /bln)	Kemiringan lereng ^a (%)	Kemampuan menyerap air ^e (%)
125	250	0,25	21 - 55 (curam)	90

125	212,5	0,21	8- 140 (landai-sangat curam)	35 – 45
125	187,5	0,19	0 - 55 (datar-curam)	35 – 45
125	75	0,08	8 - >140 (landai-terjal)	35 – 45

Lanjutan

Sebaran vegetasi ^a (%)	Luas Lahan Vegetasi (Ha)			
	2015	2020	2025	2030
30	45,64	60,50	79,20	93,72
35	53,24	70,59	92,41	109,35
15	22,82	30,25	39,60	46,86
20	30,43	40,33	52,80	62,48

Sumber: Hasil Perhitungan

a. Crow, 2005

b. FAO dan UNESCO dalam Mega dkk. (2010)

c. Ministry of Agriculture, Food and Fisheries British Columbia (2002)

d. Hasil perhitungan

e. Environment Bamboo Foundation (EBF)

Sebaran jenis – jenis vegetasi tersebut dapat dilihat pada peta sebaran vegetasi pada lampiran 5.

5.10.2 Analisis Metode Mekanik

Kombinasi Pemanen Air Hujan (*Rain Water Harvesting*) Dengan Sumur Resapan.

Pemanen air hujan (rain water harvesting) adalah suatu cara mengumpulkan atau menampung air hujan ketika curah hujan tinggi dan kemudian dimanfaatkan saat curah hujan rendah atau pun sama sekali tidak hujan (Maryono dan Santoso, 2006). Dalam penelitian ini pemanen air memanfaatkan atap bangunan rumah secara sederhana.

Untuk mengetahui volume air hujan yang mampu ditampung dan jumlah pemanen air hujan yang dibutuhkan dalam suatu wilayah, maka dapat digunakan Persamaan 2.27

$$Q = A \times P \times C$$

Penentuan berapa besar nilai potensial air yang dihasilkan bergantung luasan area tangkapan dan curah hujan rata-rata tahunan.

Perhitungan:

1. Curah hujan tahunan (P) = 3276 mm (Tabel 5.6)
2. Luas area tangkapan (A) = 20 m x 10 m = 200 m²
3. Koefisien run off (C) = 80 % (asumsi air hujan yang dapat ditampung)
4. Defisit air pada tahun 2013 = 489.480,10 m³

Jumlah air yang dapat dipanen ditetapkan sebagai berikut:

1. Volume air hujan yang jatuh di area tersebut
= 200 m² x 3,276 m
= 655,20 m³/ tahun
2. Dengan asumsi hanya 80 % dari total hujan yang dapat dipanen (20% hilang karena evaporasi atau kebocoran), maka volume yang dapat dipanen:
= 655,20 m³/ tahun x 80 %
= 524,16 m³/ tahun
3. Jumlah pemanen air hujan yang dibutuhkan untuk mengurangi defisit air pada tahun 2013 adalah:
$$= \frac{489.480,1 \text{ m}^3}{524,16 \text{ m}^3}$$

$$= 933,83 \approx 934 \text{ unit}$$

Tabel berikut merupakan hasil rekapitulasi jumlah pemanen air hujan yang dibutuhkan :

Tabel 5.67. Jumlah Pemanen Air Hujan dan Sumur Resapan

Tahun	Defisit (m ³ /tahun)	Vol Air Jatuh (m ³ /tahun)	Vol. Air Dipanen (m ³ /tahun)	Jumlah PHSR (unit)
2015	551.459,47	655,20	524,15	1.052
2020	731.067,63	655,20	524,15	1.395
2025	957.059,41	655,20	524,15	1.826
2030	1.415.628,70	655,20	524,15	2.701

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan:

PHSR : Kombinasi pemanen air hujan dengan sumur resapan

Dengan penyediaan kombinasi pemanen air hujan dengan sumur resapan, maka defisit air dapat dikurangi. Berdasarkan hasil analisis setiap unit mampu memanen air hujan sebesar 524,15 m³/ tahun dengan curah hujan rata-rata 3276 mm/ tahun.

Tabel 5.68. Hasil Konservasi Dengan Metode Mekanik (Tahun)

Tahun	Debit Air (Q) (m ³)		ΔS	
	Q _{in}	Q _{out}	(m ³)	Kondisi
2013	2.211.908,38	2.701.388,48	(489.480,100)	Defisit
2015	2.211.908,38	2.763.367,85	(551.459,468)	Defisit
2020	2.211.908,38	2.942.976,01	(731.067,631)	Defisit
2025	2.211.908,38	3.168.967,79	(957.059,408)	Defisit
2030	5.625.965,70	7.041.594,41	(1.415.628,705)	Defisit

Lanjutan

Jumlah PHSR (m ²)	Kemampuan Konservasi (m ³)	Qinflow (m ³)	Kondisi
933,85	489.480,100	2.701.388,482	OK
1.052,10	551.459,468	2.763.367,851	OK
1.394,76	731.067,631	2.942.976,014	OK
1.825,92	957.059,408	3.168.967,790	OK

Jumlah PHSR (m ²)	Kemampuan Konservasi (m ³)	Qinflow (m ³)	Kondisi
2.700,80	1.415.628,705	7.041.594,407	OK

Sumber: Hasil Perhitungan

PHSR : Kombinasi pemanen air hujan dengan sumur resapan

Untuk membuat suatu pemanen air hujan dengan media atap bangunan berfungsi maksimal terhadap penyimpanan air didalam tanah melalui sumur resapan, maka perlu diperhatikan hal - hal sebagai berikut:

- Pemanfaatan pemanen air hujan (rain water harvesting) dengan menggunakan atap rumah ini dapat dilakukan pada daerah yang memiliki kemiringan tidak lebih dari 5% atau daerah datar hingga sangat landai. Hal ini sangat berpengaruh terhadap distribusi run off dan erosi tanah dan pembiayaan (Manajemen Agroekosistem Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, 2013)
- Dimensi area tangkapan air hujan (atap) dapat dibuat sesuai kebutuhan. Semakin besar dimensinya, maka potensi air yang dihasilkan semakin banyak pula.
- Bagian dinding dan lantai kerja bak penampung air (reservoir) sebaiknya di cor agar air tidak meresap ke bagian horizontal maupun vertical tanah.



Gambar 5.7. Konstruksi Kombinasi Pemanen Air Hujan Dengan Sumur Resapan

- **Preleminari Desain**

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 5.65. diperoleh volume air hujan yang dapat dipanen sebesar 524,16 m³/ tahun. Untuk membuat dimensi reservoir pemanen air hujan, maka direncanakan:

Dimensi:

- Volume air hujan yang dapat dipanen (V_p) = 524,16 m³/ tahun
= 43,68 m³/ bulan
- Diameter (θ) = 3 m
- Kedalaman (h) = 2 m

Sehingga volume resevoir (V_{rs}) dapat menampung air sebesar:

$$\begin{aligned} V_{rs} &= \mu r^2 \cdot h \\ &= \mu \cdot 1,5^2 \cdot 2 \\ &= 14,13 \text{ m}^3/\text{bulan} \end{aligned}$$

Jadi direncanakan dimensi reservoir berbentuk bulat berdiameter (θ) = 3m dengan kedalaman (h) = 2 m.

Bagian-bagian reservoir terdiri dari:

- Dinding yang terbuat dari pasangan bata yang dicor agar air tidak meresap ke arah horizontal
- Lantai kerja yang di cor (rabat) yang bertujuan agar air tidak meresap ke arah vertical
- Pipa penghubung ke sumur resapan

Untuk mengetahui lebih jelas dimensi reservoir pemanen air hujan dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8. Detail Bak Penampung Air Hujan

Berdasarkan perhitungan volume reservoir pemanen air hujan diketahui kelebihan air yang bisa masuk kedalam sumur resapan sebesar:

$$\begin{aligned} V &= V_p - V_{rs} \\ &= 43,68 - 14,13 \\ &= 29,55 \text{ m}^3/\text{bulan.} \\ &= 0,99 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Direncanakan bentuk bulat dengan dimensi sumur resapan sebagai berikut:

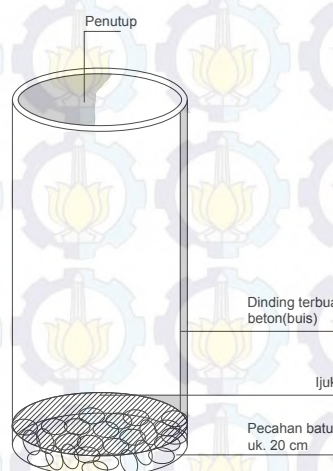
- Diameter (θ) = 1,1 m
- Kedalaman (h) = 1 m

Sehingga:

$$\begin{aligned} V &= \mu r^2 \cdot h \\ &= \mu \cdot 0,5^2 \cdot 1 \\ &= 0,95 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Jadi direncanakan dimensi sumur resapan dengan bui bentuk bulat diameter (θ) = 1,1 m dengan kedalaman (h) = 1 m. Untuk menyesuaikan terhadap ketersediaan buis, maka disesuaikan dimensi buis menjadi 0,6 x 0,5 m.

Sumur resapan memiliki bagian-bagian seperti dinding yang bisa terbuat dari pasangan batu bata maupun beton, bagian lantai kerja dibiarkan dengan tanah yang ditambahkan ijuk dan dibagian dasar lantai kerja dipasang pecahan batu berukuran ± 20 cm. Hal ini dimaksudkan untuk mempercepat proses peresapan (infiltrasi) kedalam tanah. Selanjutnya bagian-bagian sumur resapan dapat dilihat pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9. Detail Sumur Resapan

5.11 Analisis Finansial

5.11.1 Konservasi Vegetatif

Aspek finansial dalam penelitian ini memperhitungkan 2 faktor diantaranya:

- Memperhitungkan biaya penanaman jenis vegetasi
- Memberikan gambaran mengenai pendapatan (keuntungan) finansial yang diperoleh dari masing-masing vegetasi untuk menutupi biaya penanaman.

1. Bambu (*Melocanna Bambusoides*)

Selain sebagai tanaman konservasi air, bambu juga memiliki nilai ekonomis sehingga dapat dibudidayakan oleh masyarakat untuk mendapatkan manfaatnya. Dalam budidaya bambu perlu diperhatikan jarak tanam dan waktu penanaman. Jarak tanam yang disarankan adalah 8x8 meter dan waktu terbaik untuk menanam bambu adalah ketika musim penghujan yaitu pada bulan Desember, Januari dan Februari. Hal ini untuk menghindari matinya bibit sebelum berkembang (Sofiah dkk, 2010).

Biaya penanaman bambu dipengaruhi pembibitan, pemupukan, dan banyaknya tenaga kerja. Bambu dewasa (berukuran besar) yang ditanam pada 1 hektar lahan dengan jarak 8x8 meter, maka jumlah batang bambu yang dibutuhkan sebanyak 156 dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 5.69. Analisis Biaya Tanam Bambu per hektar

No	Uraian	Jumlah	Satuan	Harga (Rp)	Total (Rp)
1	Bibit	156	batang	10.500	1.640.625
2	Pupuk Urea	40	kg	2.000	80.000
3	Pupuk TSP	40	kg	2.000	80.000
4	Persiapan lahan	34,8	HOK	50.000	1.740.000
5	Tanam	20,1	HOK	50.000	1.005.000
Total biaya					4.545.625

Sumber: Sutiyono, 2013

Pada penelitian ini jenis yang akan ditanam adalah jenis Petung (*Dendracalamus asper*). Hal ini dikarenakan bambu jenis ini relatif paling kokoh, keras, dengan

serat besar. Berdiameter 10-15 cm, tebal 50 mm, jarak antarruas 40-60 cm, dan panjang batang mencapai 20-25 m, bahkan lebih. Karena relatif paling besar, bambu petung bisa dipakai sebagai elemen struktur bangunan

Harga bambu di pasaran untuk jenis petung per 5 meter adalah:

- Rp. 30.000 (bambu belum diawetkan)
- Rp. 70.000 (bambu telah diawetkan)

2. Gaharu (*Aquilaria Malaccensis*)

Kayu gaharu merupakan jenis vegetasi yang memiliki nilai ekonomi potensial dan juga tanaman prioritas sebagai acuan konservasi (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia). Kualitas gaharu dipengaruhi oleh banyaknya kandungan resin dalam jaringan kayunya. Semakin tinggi kandungan resin di dalamnya, maka harga gaharu semakin tinggi. Secara umum perdagangan gaharu dibedakan menjadi gubal, kemedangan, dan abu.

Gubal merupakan kayu berwarna hitam atau hitam kecoklatan dan diperoleh dari bagian pohon penghasil gaharu yang memiliki kandungan damar wangi beraroma kuat. Kemedangan adalah kayu gaharu dengan kandungan damar wangi dan aroma yang lemah serta memiliki penampakan fisik berwarna kecoklatan sampai abu-abu, memiliki kasar, dan kayu lunak. Kelas terakhir adalah abu gaharu yang merupakan serbuk kayu hasil pengerokan atau sisa penghancuran kayu gaharu.

Untuk memperoleh kualitas gaharu dengan kandungan resin tinggi, maka Penanaman benih gaharu sebaiknya dilakukan pada awal musim hujan di pagi hari sampai jam 11.00, dan dapat dilanjutkan pada jam 4 petang harinya. Jarak tanam yang dianjurkan adalah 3x3 meter, sehingga dalam 1 hektar dibutuhkan 1100 batang (Jaya, 2012). Biaya tanam gaharu dipengaruhi pembibitan, pemupukan, dan banyaknya tenaga kerja. Tabel 5.69 berikut ini menjelaskan rincian pembiayaan dan keuntungan yang diperoleh dari penanaman gaharu per hektar:

Tabel 5.70. Analisis Biaya Tanam Gaharu per hektar

No	Rincian	Jumlah	Satuan	Harga	Jumlah
A.	Tahun Ke-1				
1	Pembelian Bibit Gaharu	1100	Pohon	10.000	11.000.000
2	Pupuk Kandang	1100	karung	12.000	13.200.000
3	Pestisida (Furadan)	7	Paket	75.000	525.000
4	Tenaga Kerja Lepas	2	Tahun	5.500.000	11.000.000
	Jumlah Biaya Tahun Ke-1				35.725.000
B.	Tahun Ke 2 – 6				
1	Pupuk Kandang	1100	Karung	12.000	13.200.000
2	Pestisida (Furadan)	7	Paket	75.000	525.000
3	Inokulan/ Serum 50 Pohon	220	Liter	550000	121.000.000
4	Tenaga Kerja Inokulasi	1100	Pohon	50000	55.000.000
5	Tenaga Kerja Pemeliharaan	2	Tahun	5.500.000	11.000.000
6	Tenaga Kerja Panen	1100	Pohon	35.000	38.500.000
7	Tenaga Pembersihan Kayu	1100	Pohon	35.000	38.500.000
8	Biaya Pengolahan Minyak	1100	Pohon	35.000	38.500.000
9	Biaya Pembinaan	1100	Pohon	35.000	38.500.000
	Jumlah Biaya Tahun Ke-2 s/d 6				354.725.000
	Total Biaya				390.450.000
II.	Penerimaan				
1	Gubal/ Gaharu AB	2200	Kg	1.500.000	3.300.000.000
2	Minyak Gaharu	2200	Mili/Cc	100.000	220.000.000
3	Abu Kerokan Kayu Gaharu	11000	Kg	15.000	165.000.000
4	Daun Gaharu Teh	6600	Kg	5.000	33.000.000
5	Seburuk-buruknya Harga	1100	Pohon	750.000	825.000.000
	Total Penerimaan Kotor				4.543.000.000
	Total Penerimaan Netto				4.152.550.000

Sumber: Dadang, 2013

Berdasarkan analisa tabel diatas, maka untuk penanaman 1 hektar gaharu dibutuhkan modal awal investasi sebesar Rp. 390.450.000,- dengan keuntungan yang diperoleh mencapai Rp. 4.152.550.000,-.

3. Porang (*Amorphophallus*)

Tanaman porang berfungsi sebagai tanaman tumpang sari diantara tegakkan kayu. Porang sangat baik ditanam ketika musim hujan, yaitu sekitar bulan November – Desember. Jarak tanam yang disarankan adalah 3x0,55 meter.

Biaya tanam dan keuntungan budidaya porang dapat dilihat pada rincian sebagai berikut:

1. Biaya yang dibutuhkan :

Persiapan lahan per Ha untuk jumlah bibit 2.000 biji sebesar Rp. 500.000,-

2. Biaya bibit : 2.000 biji Rp. 500,- =Rp. 1.000.000,-/Ha

3. Biaya penanaman : Rp. 500.000,-/Ha

4. Biaya pemeliharaan dan pemupukan selama 3 tahun

a. Tahun ke 1 Rp. 400.000,-/Ha

b. Tahun ke 2 Rp. 300.000,-/Ha

c. Tahun ke 3,dst. Rp. 300.000,-/Ha

d.Total biaya penanaman, pemeliharaan dan pemupukan sampai tahun ke-3 sebesar Rp. 1.000.000,-/Ha

5.Total biaya penanaman,pemeliharaan dan pemupukan sampai tahun ke-3 sebesar Rp. 3.000.000,-/Ha

6. Hasil panen pada tahun ke 4 :

a. Setiap hektar dapat menghasilkan rata-rata 10 ton/tahun

b. Harga 1 kg porang basah rata-rata Rp. 600,-/kg atau Rp. 600.000,-/ton

c. Harga hasil panen per hektar setiap tahun :

Rp. 600.000,-/ton10 ton = Rp. 6000.000,-/Ha/tahun

7. Panen porang sekali ditanam hasilnya bisa diambil sampai tanaman hutan pokoknya ditebang (misalnya jati = 60 tahun).

8. Keuntungan pada tahun ke-4 (pertama panen)

= Rp. 6.000.000,-/Ha/th- Rp. 3.000.000,-

= Rp. 3.000.000,-

9. Keuntungan pada tahun ke-5

= Hasil panen- biaya pemeliharaan/tahun

= Rp. 6000.000,- – Rp. 300.000,-

= Rp. 5.700.000,-/Ha

10. Hasil panen rata-rata/tahun pada tahun ke-4 senilai Rp. 2.000.000,- sehingga pada tahun ke-2 (rata-rata 1,5 tahun) modal telah kembali.

(Sumber: Agus, 2014).

4. Beringin Putih (*Ficus Benjamina Var Varigata*)

Beringin putih memiliki fungsi sebagai tanaman konservasi karena memiliki kemampuan menyerap air sebesar 90%. Selain itu beringin memiliki nilai ekonomi sebagai komoditi biofarmaka dan obat-obatan dengan memanfaatkan akar dan daunnya (Dalimartha S, 2005). Untuk memperoleh kualitas tanaman yang maksimal, maka perlu diperhatikan faktor jarak tanam, pembiayaan penanaman, kebutuhan pupuk serta kebutuhan pekerja tanam. Untuk 1 hektar lahan dibutuhkan sebanyak 400 batang tanaman dengan jarak tanam 5x5 meter. Analisis biaya penanaman beringin per hektar selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.71:

Tabel 5.71. Analisis biaya tanam beringin putih per hektar

No	Uraian	Jumlah	Satuan	Harga (Rp)	Total (Rp)
1	Bibit 50 cm	400	batang	1.500	600.000
2	Pupuk Urea	2,0	kg	2.000	4.000
3	Pupuk TSP	2,0	kg	2.000	4.000
4	Persiapan lahan	34,8	HOK	50.000	1.740.000
5	Tanam	20,1	HOK	50.000	1.005.000
Total biaya					3.353.000

Sumber: Sutiyono, 2013

5.11.2 Konservasi Mekanik

Analisis finansial pada metode konservasi mekanik mengacu pada besaran rencana anggaran pembuatan baik penampung air hujan dan sumur resapan. Tabel 5.72 merupakan penjelasan mengenai biaya total pembuatan kombinasi pemanen air hujan dengan sumur resapan per unit.

Tabel 5.72. Biaya Pembuatan Pemanen Air Hujan Dan Sumur Resapan (Unit)

No.	Uraian	Sat	Vol	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
	PEKERJAAN TANAH				
1	Galian Tanah	m ³	0,95	41.600,00	39.513,76
					39.513,76
	PEKERJAAN DINDING				
	RESERVOIR				
1	Pasangan batu bata	m ²	6,00	65.154,00	390.924,00
2	Plesteran halus	m ²	6,00	37.321,70	223.930,20
	SUMUR RESAPAN				
1	Pemasangan Buis Beton	set	1,00	26.980,00	26.980,00
2	Buis Beton Bulat uk. 50 x 100 cm	Buah	1,00	115.000,00	115.000,00
3	Penutup Buis uk. 50 x 100	Buah	1,00	80.200,00	80.200,00
					837.034,20
	PEKERJAAN LANTAI				
1	Rabatan	m ³	0,35	426.104,11	150.521,28
2	Ijuk	set	1,00	35.000,00	35.000,00
					185.521,28
	PEKERJAAN INSTALASI AIR				
1	Pemasangan Pipa Talang	m'	20,00	14.906,25	298.125,00
2	Pemasangan Pipa Paralon	m'	2,50	4.512,08	11.280,19
3	Pemasangan Pipa PVC 3 "	m'	2,50	27.061,28	67.653,19
					377.058,38
	PEKERJAAN LAIN-LAIN				
1	Pembersihan Lapangan	Ls	1,00	50.000,00	50.000,00
					50.000,00
	Total Biaya				1.489.127,61
	Pembulatan				1.490.000,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan satu unit kombinasi pemanen air hujan dengan sumur resapan adalah Rp. 1.490.000,-.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

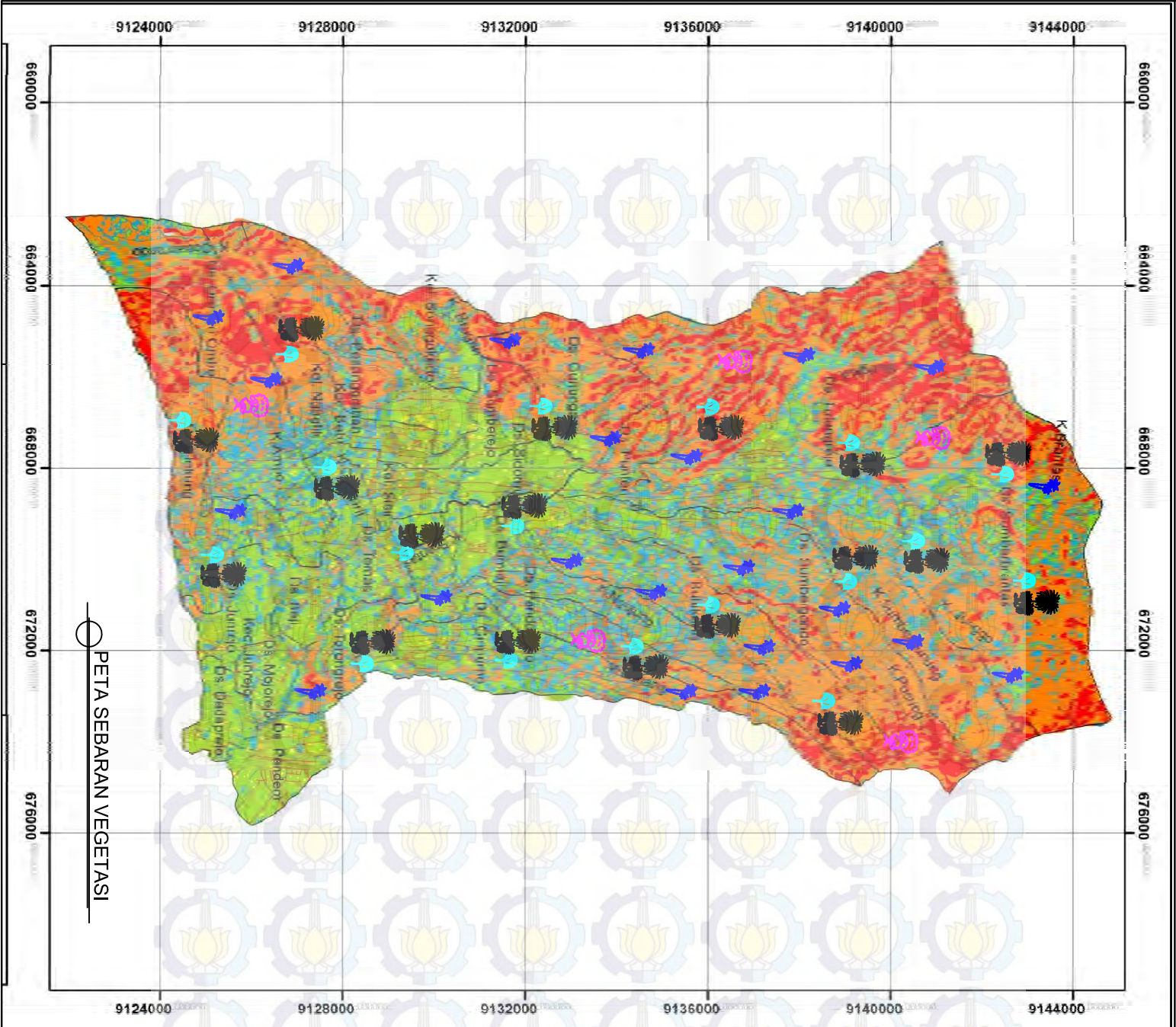
1. Pada musim kemarau dari hasil proyeksi kebutuhan total air Kota Batu antara bulan Juni hingga Oktober, diketahui bahwa terjadi defisit air. Hal ini diakibatkan kebutuhan domestik maupun non domestik lebih besar daripada ketersediaan air (debit air) dan cenderung meningkat setiap tahunnya. Pada tahun 2015 defisit 551.459,47 m³, tahun 2020 besarnya defisit 731.067,63 m³, 2025 defisit air mencapai 957.059,41 m³ dan pada tahun 2030 defisit air diperkirakan mencapai 1.415.628,7 m³.
2. Proyeksi debit air sub DAS Brantas hulu cenderung menurun dari potensi debit air tersedia yaitu 75.199.046,43 m³ per tahun. Pada tahun 2015 sebesar 72.435.678,58 m³, tahun 2020 sebesar 72.256.070,42 m³, tahun 2025 sebesar 72.030.078,4 m³ dan tahun 2030 sebesar 68.157.452,03 m³.
3. Upaya konservasi yang dilakukan terdiri dari 2 metode, diantaranya adalah:
 - a. Metode vegetatif yang memanfaatkan jenis vegetasi yang memiliki nilai ekonomi maupun konservasi di antaranya tanaman gaharu, porang, bambu, dan beringin. Untuk mengurangi defisit air, maka dibutuhkan lahan vegetasi setiap periodenya yaitu pada tahun 2015 seluas 152,13 ha, tahun 2020 seluas 201,67 ha, tahun 2025 seluas 264,02 ha, dan pada tahun 2030 seluas 312,41 ha.
 - b. Metode mekanik menggunakan kombinasi pemanen air hujan dengan sumur resapan. Defisit air dapat diminimalisir dengan penyediaan unit setiap periodenya. Pada tahun 2015 dibutuhkan 1.052 unit, tahun 2020 sejumlah 1.395 unit, tahun 2025 sejumlah 1.826 unit, dan tahun 2030 dibutuhkan 2.701 unit.

4. Aspek finansial diperlukan dalam mendukung upaya konservasi. Nilai finansial baik metode vegetatif maupun mekanik masing-masing adalah:

- Bambu = Rp. 4.545.625,- per ha
- Gaharu = Rp. 390.450.000,- per ha
- Porang = Rp. 3.000.000,- per ha
- Beringin = Rp. 3.353.000,- per ha
- Kombinasi pemanen air hujan dengan sumur resapan
= Rp. 1.490.000,- per unit

6.2 Saran

1. Untuk menjaga keseimbangan air sebaiknya dilakukan kajian tata guna lahan ulang untuk melindungi dan menjaga hutan.
2. Diperlukan partisipasi pemerintah pusat dalam hal ini adalah Perhutani dalam upaya konservasi hutan dengan budidaya tanaman gaharu yang bernilai ekonomi tinggi baik langsung maupun tak langsung.
3. Masyarakat di sekitar sub daerah aliran Sungai Brantas hulu (Kota Batu) diharapkan peran sertanya menjaga fungsi utama hutan dengan memanfaatkan porang sebagai tanaman tumpangsari bernilai ekonomi tinggi dengan biaya investasi terjangkau. Dengan demikian diharapkan tidak terjadi lagi penebangan pohon secara liar oleh masyarakat dengan alasan faktor ekonomi.
4. Diperlukan tindakan tegas Pemerintah Kota Batu dalam mengatur alih fungsi lahan yang disesuaikan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) setempat untuk menjaga fungsi utama daripada hutan.



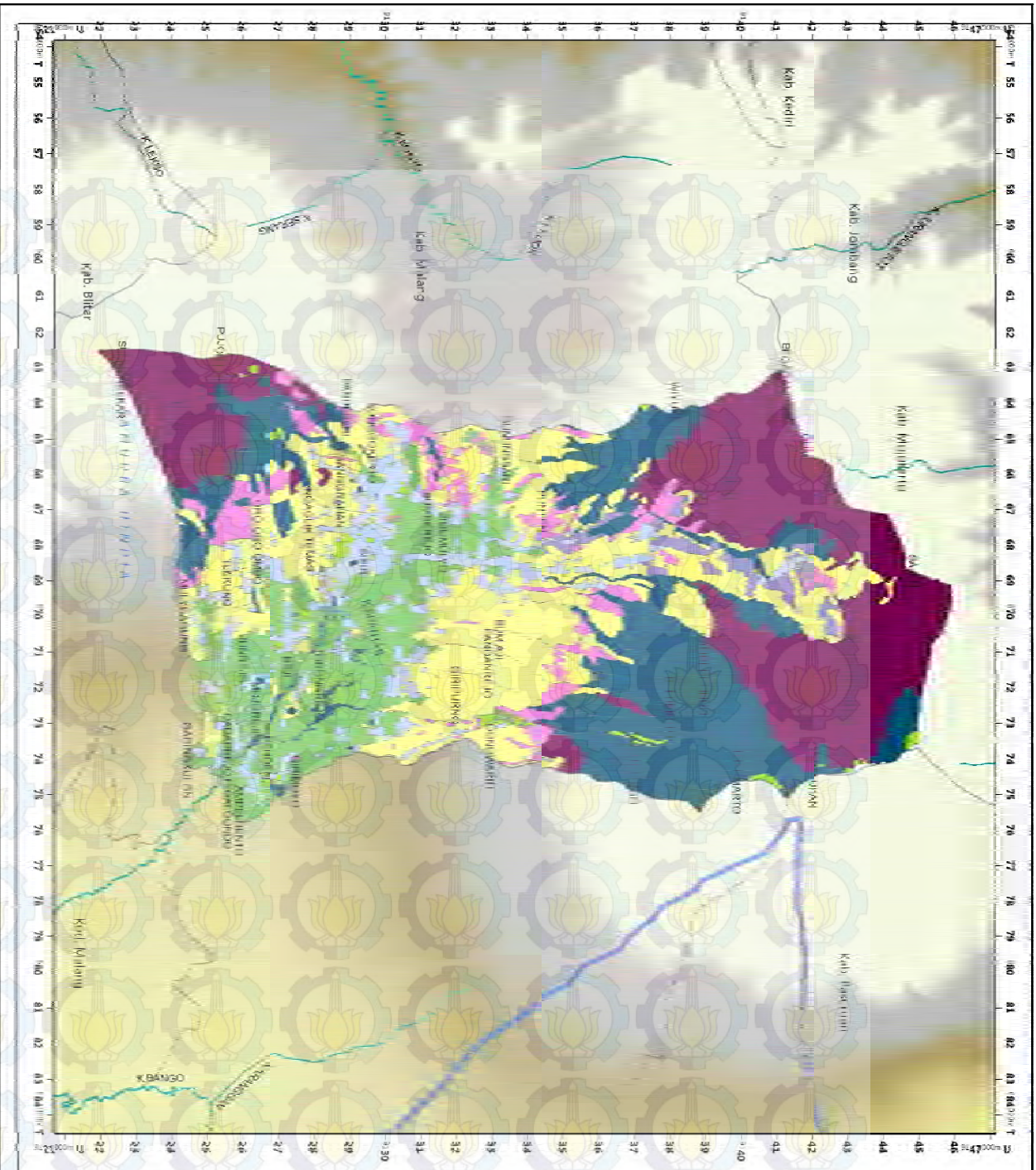
LEGENDA

- Kemiringan 0°-1°
- Kemiringan 2°-7°
- Kemiringan 8°-11°
- Kemiringan 12°-28°
- Kemiringan 29°-90°

- Porang
- Bambu
- Beringin
- Gaharu

PETA SEBARAN VEGETASI

 <div> ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember </div>		S-2 JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN MAGISTER TEKNIK SANITASI LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	
JUDUL TESIS		ANALISIS KETERSEDIAAN SUMBER DAYA AIR DAN UPAYA KONSERVASI SUB DAS BRANTAS HULU WILAYAH KOTA BATU	
DOSEN PEMBIMBING		Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME. Ph.D	
DIGAMBAR OLEH :		MOH. MUCHLISIN MAHZUM	
GAMBAR		SKALA	
PETA SEBARAN VEGETASI SUB DAS BRANTAS HULU		NTS	
NO. LBR	JML LBR		
1	1		



S-2 JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
MAKASITER TEKNIK SANITASI LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TESIS

ANALISIS KETERSEDIAAN SUMBER DAYA AIR
DAN UPAYA KONSERVASI
SUB DAS BRANTAS HULU WILAYAH KOTA BATU

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME. Ph.D

DIGAMBAR OLEH :

MOH. MUCHLISIN MAHZUM

GAMBAR

SKALA

PETA
TATA GUNA LAHAN
BRANTAS HULU
TAHUN 2013

1:100.000

NO. LBR

JML LBR

1

1

PETA TATA GUNA LAHAN KOTA BATU 2013

SKALA 1:100.000

Perubahan Tata Guna Lahan Sub DAS Brantas

Gambar	Uraian
	<p>Degradasi tanaman pada daerah rawan longsor.</p>
	<p>Lahan konservasi berubah fungsi menjadi permukiman penduduk.</p>
	<p>Perubahan lahan konservasi yang akan menjadi bangunan rumah.</p>

Gambar	Uraian
	<p>Penebangan pohon secara liar pada lahan konservasi hutan</p>
	<p>Lahan konservasi hutan berubah fungsi menjadi ladang perkebunan.</p>
	<p>Tanaman sayuran menjadi komoditas utama pada daerah konservasi hutan.</p>

Sumber: Dokumentasi Pribadi

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (1986), *Standar Perencanaan Irigasi* (Bagian Penunjang, KP 01-07).
Direktorat Jenderal Pengairan:Departemen Pekerjaan Umum.
- Arsyad, S (1989), *Konservasi Tanah Dan Air*, IPB Press, Bogor.
- British Columbia (2002), *Soil Water Storage Capacity And Available Soil Moisture*, British Columbia, Canada.
- Balai Besar Wilayah Sungai Brantas (2013), *Data Dan Informasi*, BBWS Brantas, Surabaya.
- Crow, Peter, (2005), *The Influence Of Soils And Species On Tree Root Depth*, ,
Environmental And Human Science Division, Edinburgh.
- Haryoso , B (2010), “Teknik Pemanen Air Hujan (Rain Water Harvesting) Sebagai Alternatif Upaya Penyelamatan Sumber Daya Air Di Wilayah DKI Jakarta”, *Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca*, Vol. 11, No. 2, 2010, hal 29-39.
- Kartasapoetra, A.G, (1989), *Kerusakan Tanah Pertanian dan Usaha Untuk Merehabilitasinya*. Bina Aksara. Jakarta.
- Kodoatie, J.R, dan Sjarief, Roestam (2010), *Tata Ruang Air*, edisi pertama, Andi Offset, Yogyakarta.
- Koswara, S (2010), *Teknologi Pengolahan Umbi-Umbian*, Lecture handout: Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Lee, Richard, (1988), *Hidrologi Hutan*, edisi pertama, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Mock, F.J, (1973), *Land Capability Appraisal Indonesia*, edisi pertama, Food And Agriculture Organization, Bogor.
- Pemerintah Kota Batu (2013), *Kota Batu Dalam Angka*, Badan Pusat Statistik Kota Batu, Batu.
- Pemerintah Kota Batu (2011), *Kajian Daerah Tangkapan Sumber Air*, Badan Lingkungan Hidup Kota Batu, Batu.

- Pusat Penelitian Dan Pengembangan Porang Indonesia (2013), *Budidaya Dan Pengembangan Porang (Amorphopallus Muelleri Blume) Sebagai Salah Satu Potensi Bahan Baku Lokal*, Universitas Brawijaya, Malang.
- Sosrodarsono, Suyono, dan Takeda, Kensaku (2003), *Hidrologi Untuk Pengairan*, edisi kesembilan, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Suripin (2004), *Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Sidharno, W (2013), *Kajian Ketersediaan Air Baku Untuk Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih Kota Kupang Dengan Skenario Dampak Perubahan Iklim*, Tesis Master., Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Surabaya.
- Triatmodjo, Bambang, (2010), *Hidrologi Terapan*, edisi kedua, Beta Offset, Yogyakarta..
- Mega,M.I, Dibia,N.I, Adi,R dan Kusmiyarti,B.T (2010), *Klasifikasi Tanah Dan Kesesuaian Lahan*, Buku Ajar: Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Udayana, Denpasar.
- Direktorat Jenderal Penataan Ruang (2007), *Pedoman Kriteria Teknis Kawasan Budidaya*, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.

BIODATA PENULIS



Mohamad Muchlisin Mahzum, ST., MT lahir di Gresik pada tanggal 7 Januari 1985. Pendidikan SD hingga SMK dilakukan di kota Malang. Pada tahun 2003 Penulis melanjutkan studi di Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Program Diploma III (FTSP-ITS) Surabaya yang diselesaikan pada tahun 2006. Setelah lulus pada tahun 2007 penulis melanjutkan studi S-1 pada jurusan yang sama di ITS yang diselesaikan pada tahun 2009. Penulis sempat

bekerja sebagai konsultan perencanaan teknik sipil pada Lembaga Pengabdian Masyarakat Institut Teknologi Sepuluh Nopember (LPM-ITS). Sejak tahun 2010 penulis bertugas sebagai aparatur sipil negaradi Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. Pada tahun 2013 penulis melanjutkan studi magister teknik di Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember (FTSP-ITS) dan memperoleh gelar S-2 pada tahun 2015. Sekembalinya dari tugas belajar, penulis melanjutkan tugasnya sebagai aparatur sipil negaradi Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. Penulis dapat dihubungi lewat email syailendra007@gmail.com.